ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 DÉCEMBRE 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOLOGIE. — *L'Éocène au Pérou*. Note de M. H. **DOUVILLÉ**.

Vers la limite nord du Pérou, entre Tumbez et Payta, le rivage de l'Amérique du Sud dessine une sorte de saillant où le Tertiaire a été signalé dès 1842 par d'Orbigny. Il occupe une sorte de synclinal entre les terrains archéens de la Silla de Payta et la Cordillière de Amotape, prolongement des terrains crétacés de l'Équateur et du Venezuela; les couches qui le constituent renferment à la fois du lignite et du pétrole.

D'Orbigny (1) avait recueilli à Payta, et décrit quatre échantillons de fossiles, parmi lesquels *Rostellaria Gaudichaudi*, trouvé dans un grès jaune verdâtre friable, et qu'il rapproche de *R. fissurella*.

En 1870, Gabb (1) décrivait une série de fossiles, de la collection Raimondi, provenant également de Payta; il les figurait quelques années plus tard (2) : les uns comme *Purpura chocolatum*, *Mytilus ungulatus*, appartiennent à des espèces vivant encore sur la côte, tandis que d'autres, et en particulier *Cerithium læviusculum* (qui est en réalité un *Faunus*) sont vraisemblablement d'une époque tertiaire ancienne.

Vers la même époque, Nelson (3) décrivait et figurait un certain nombre de fossiles recueillis plus au Nord sur la côte à Zorritos; il les attribuait au Tertiaire supérieur.

---

(1) *American Journal of Conchology*, vol. 5, p. 25.
(2) *Journ. Ac. nat. Sc. Philadelphia*, vol. 8, 1877, pl. XXXV.
(3) *Trans. of the Connecticut Acad.*, vol. 2, Part I, 1870, p. 186, pl. VI et VII

En 1899, Grzybowski (¹) publiait une étude assez complète de la région; la détermination de l'âge des couches présentait des difficultés particulières : elles étaient en dehors de la zone des grands Foraminifères, Nummulites et Orbitoïdes, qui sont les meilleurs fossiles de la période tertiaire, et en outre elles faisaient partie d'une province zoologique éloignée des régions connues; aussi l'auteur considère-t-il comme nouvelles la plupart des espèces. Il distingue les étages suivants : *Pliocène :* étage de Payta, comprenant des grès et des conglomérats; *Miocène :* étages des schistes bruns de Talara, des grès de Zorritos, des argiles rouges et des schistes bitumineux de Heath; *Oligocène :* étage du Flysch d'Ovibio.

Les déterminations des fossiles paraissent souvent discutables : l'auteur reconnaît lui-même que son *Venericardia clavidens* de Zorritos diffère bien peu de certaines variétés de *V. planicosta;* les nombreuses Turitelles du même étage considérées aussi comme nouvelles sont les unes (*robusta*, *gabbiana?*) à rapprocher de *T. Mortoni*, typique, ou (*infracarinata*) d'une variété de cette espèce, tandis que *T. filicincta* de Heath est bien voisin de *T. carinata* Lea, toutes espèces caractéristiques de l'Éocène de l'Alabama ou du Maryland.

Récemment, j'ai reçu de M. le professeur Lisson de Lima un envoi important de fossiles provenant de localités nouvelles de la même région; ils permettent de démontrer que ces formations appartiennent bien en réalité à l'Éocène.

C'est d'abord un grand Nautile à cloisons sinueuses, *Enclimatoceras Ulrichi* White qui, du Texas à l'Alabama, caractérise les couches les plus inférieures (Midway) de l'Éocène; puis de grands échantillons de *Venericardia densata* Conrad (*planicosta* auct.), costulés seulement dans le jeune âge, forme signalée dans le Lignitic de la même région, et enfin une série d'espèces du Claibornien : *Voluta petrosa* Conrad, avec ses deux plis columellaires caractéristiques, en échantillons plus grands que le type et avec des échancrures antérieure et postérieure plus accentuées, *Pseudoliva vetusta* Conrad, également en grands échantillons, *Fusus Cooperi* Conrad, *Solarium bilineatum* Lea, *Rostellaria* (*Ectinochylus*) *Cuvieri*, cette dernière espèce bien voisine de l'*Ect. canalis* de l'Éocène parisien, et présentant comme lui une gouttière descendant jusqu'à la pointe de la coquille et remontant jusqu'au dernier tour.

(¹) *Die tertiärablagerungen des nördlichen Peru und ihre Mollus Kenfauna* (N. J. Beilogeband, 12).

Ce n'est pas la seule espèce qui rappelle les faunes de l'ancien continent : un grand *Pleurotoma*, représenté par plusieurs échantillons bien conservés (Est de Negritos), ne peut être distingué du *Pl. ingens* Mayer-Eymar, de l'Éocène égyptien du Mokattam ; un grand *Mesalia*, uni ou bicaréné, est aussi bien voisin du *M. oxycrepis* M. E., du même niveau. Le genre *Euostrea* a fourni un certain nombre d'échantillons d'une espèce qu'il faut peut-être rapporter à *O. compressirostra* Say, de l'Éocène du Maryland, mais qui ne semble pas différer de nos formes de l'Éocène, et en particulier de certaines variétés de l'*Euostrea strictiplicata* des couches à phosphates de la Tunisie; déjà Conrad avait été frappé de l'analogie du type américain avec l'*O. bellovacina*.

Je puis signaler encore deux espèces nouvelles de *Pirena*, dont l'une de grande taille rappelle l'ornementation du *P. vellicata* Bellardi, de l'Éocène de la Palarea. Enfin une grande espèce de la même localité (Est de Negritos), bien représentée à tous les âges, présente tous les caractères du genre *Glauconia*, disparu en Europe à la fin du Crétacé, mais qui aurait ainsi persisté plus longtemps dans l'Amérique méridionale.

On voit combien ce mélange de faunes est curieux et intéressant, mais dans tous les cas son caractère éocénique est nettement accusé. Il semble que tous les niveaux américains y soient représentés depuis le Midway avec *Enclimatoceras Ulrichi* (de Punta Quebrada verde) et le Lignitic avec *Venericardia densata* (de Monteros), jusqu'au Claibornien de Zorritos; presque toujours les espèces y atteignent une taille plus grande que dans l'Amérique du Nord.

Les couches supérieures de Zorritos paraissent également représentées à Payta; les dernières explorations de J.-A. Broggi montrent que dans cette région on rencontre également au-dessous des grès les couches lignitifères; la coupe serait donc la même que dans la région de Tumbez et il faudrait assimiler aux grès de Zorritos une partie des grès supérieurs de Payta. C'est du reste ce qui vient confirmer la présence dans ces couches du *R. Gaudichaudi* qui ne diffère probablement pas du *R. Cuvieri* de Claiborne et de Zorritos, et du *Faunus lœviusculus*, représenté également dans les grès de Zorritos.

C'est seulement à la partie tout à fait supérieure que les couches de Payta à *Purpura chocolatum* pourraient rester attribuées au Pliocène, si même elles ne représentent pas simplement un ancien rivage soulevé.

Tout cet ensemble des couches tertiaires du Pérou reproduit presque rigoureusement la constitution de l'Éocène de Californie, également lignitifère et pétrolifère; elles en sont le prolongement.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des Schistes Lustrés des Alpes occidentales.* Note de MM. **Pierre Termier** et **Wilfrid Kilian.**

Les nouvelles observations que nous avons faites, l'été dernier, dans les Alpes françaises, en Briançonnais et en Savoie, et qui ont été le sujet, déjà, de trois Notes ([1]) présentées par nous à l'Académie, remettent en question l'âge même des Schistes Lustrés.

Rappelons d'abord — car il importe grandement d'éviter ici toute équivoque — que les Schistes Lustrés sont une *série cristallophyllienne*, une série de haut métamorphisme, formée surtout de calcschistes micacés et de marbres phylliteux très cristallins, et, accessoirement, de roches vertes diverses, de micaschistes et de chloritoschistes. C'est ce que l'un de nous ([2]) a, en 1901, appelé la *troisième série cristallophyllienne des Alpes occidentales*. Sur l'âge de cette série, on a beaucoup varié et beaucoup discuté ([3]) : Stoppani, Charles Lory et Lachat l'ont tenue pour triasique; M. Zaccagna, pour prépaléozoïque; Marcel Bertrand, à partir de 1894, pour un faciès métamorphique du Trias supérieur et du Lias. L'un de nous a créé pour elle le nom de *série compréhensive*, en proposant, comme limite inférieure de compréhension, la partie haute du Trias, et comme limite supérieure un niveau indéterminé du Nummulitique. Après la découverte dans les Alpes italiennes, par M. S. Franchi, de divers gisements fossilifères au voisinage des Schistes Lustrés, et après la découverte de Bélemnites, en de nombreux points des Alpes suisses, dans des assises considérées à tort ou à raison comme appartenant aux Schistes Lustrés, on a généralement admis que la série compréhensive métamorphique allait du Rhétien (exclusivement) à l'Éocène (inclusivement), mais plusieurs géologues la restreignaient au Jurassique. Que peut-on dire aujourd'hui sur cette question d'âge, l'une des plus importantes, à coup sûr, de la géologie alpine? C'est à quoi nous allons essayer de répondre.

([1]) Pierre Termier et Wilfrid Kilian, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 766-772, 885-891, 1100-1105.

([2]) Pierre Termier, *Sur les trois séries cristallophylliennes des Alpes occidentales* (*Comptes rendus*, t. 133, 1901, p. 964-966).

([3]) W. Kilian et J. Révil, *Les Schistes Lustrés des Alpes françaises* (*Bull. Soc. de Statistique des Sc. nat. et des Arts indust. de l'Isère*, t. 40, 1919). Voir aussi Alb. Heim, *Geologie der Schweiz*, t. 2, fasc. 6, 1920.

Voici d'abord un principe, ou tout au moins une remarque préliminaire. L'âge d'une série cristallophyllienne ne peut être déterminé avec précision que par l'observation du *passage latéral* des assises cristallines de cette série à des assises sédimentaires fossilifères. La superposition d'assises fossilifères à des assises cristallines prouve, en général, l'antériorité de celles-ci à celles-là; mais la réciproque n'est pas vraie, et la superposition d'une série cristalline à une série fossilifère ne semble pas pouvoir, à elle seule, prouver que le terrain cristallin soit plus jeune que le terrain à fossiles. Il y a lieu, dans ce dernier cas, de supposer le déplacement relatif, par charriage, des deux terrains actuellement placés l'un sur l'autre : car, quelle que soit l'idée que l'on se fasse du métamorphisme régional, on ne peut lui attribuer qu'une cause *profonde*, agissant *per ascensum*. Sans doute, il est à croire que le métamorphisme régional fait, dans une série sédimentaire qu'il envahit, la *tache d'huile;* qu'il se propage un peu, latéralement, et que cette propagation latérale est inégale d'une assise à une autre, suivant leur perméabilité. Mais *un vaste ensemble cristallophyllien ne peut pas s'étendre au-dessus d'un vaste ensemble non métamorphique sans qu'il y ait eu charriage du premier sur le second.*

Cela posé, qu'a-t-on pu, jusqu'ici, *constater*, comme *passage latéral* des Schistes Lustrés à des terrains non métamorphiques? Deux faits, et deux seulement : d'abord, au nord de Bourg-Saint-Maurice, près de Bonneval-les-Bains, le passage ([1]) d'une série incontestablement liasique à une série graduellement métamorphique, laquelle s'incorpore peu à peu à la série même des Schistes Lustrés; ensuite, en Ligurie, au nord-ouest de Gênes, le passage ([2]) des Schistes Lustrés, par diminution graduelle de la cristallinité, à la série sédimentaire *ophiolitique* de l'Apennin, série très épaisse et très monotone, où l'on a trouvé quelques fossiles, trop rares malheureusement et jusqu'ici trop mauvais pour résoudre complètement la question d'âge. Marcel Bertrand a signalé autrefois (1894) un autre passage latéral, dans la montagne de Picheru ou Pichery, non loin de Val-d'Isère :

([1]) Déjà signalé par M. Kilian en 1893; puis par Marcel Bertrand, en 1897, sur la feuille *Albertville* de la Carte géologique; observé de nouveau par MM. Kilian et Lory (1906) et décrit par MM. Kilian et Jacob en 1912 (*Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 802).

([2]) Observé et décrit par MM. P. Termier et J. Boussac en 1911 (*Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1361). Voir aussi (*Bull. Soc. géol. de France,* 4e série, t. 5, 1905, Réunion extraordinaire de Turin) les notes de MM. Haug, Kilian et Sacco sur le *Groupe de Voltri* et son âge en partie liasique.

passage des Schistes Lustrés de la Grande-Sassière à des marbres phylliteux qu'il rapportait au Trias moyen. Mais, comme il y a des marbres phylliteux, tout à fait semblables et même identiques, dans les deux terrains, la conclusion de Marcel Bertrand semble très douteuse; et, ce qui paraît le plus probable, c'est que *tous* les affleurements où il a cru voir un *passage* appartiennent, en réalité, aux Schistes Lustrés ([1]).

Passage latéral au Lias dans la zone au nord de Bourg-Saint-Maurice, passage latéral à la série ophiolitique dans l'Apennin ligure, c'est tout ce que nous savons, aujourd'hui, de façon certaine. Les conclusions que l'on a précédemment tirées de la superposition des Schistes Lustrés à divers terrains fossilifères sont fautives, en tout cas mal fondées. Nous avons montré récemment, ici même, que les Schistes Lustrés de la zone frontière, entre la Haute-Tarentaise et le Haut-Queyras, sont une nappe, charriée sur le *pays briançonnais* et dont le contact avec les terrains briançonnais est un contact anormal. Qu'importe, dès lors, pour l'âge des Schistes Lustrés, l'âge des assises briançonnaises qui se placent près de ce contact? En fait, ce qui vient ainsi toucher les Schistes Lustrés, ce sont des terrains briançonnais d'âge très varié; ici, du Rhétien; là, du Bathonien; ailleurs, des quartzites du Trias inférieur; plus loin, des calcaires ou des cargneules du Trias moyen ou du Trias supérieur; plus loin encore, des brèches du Lias; ailleurs, enfin, du Jurassique supérieur, ou même du Flysch nummulitique. Le fait de la superposition locale, en Italie (M. Franchi), des Schistes Lustrés à des calcaires triasiques où l'on trouve *Worthenia solitaria*, ne peut plus être considéré comme une preuve irréfutable de la postériorité de ces Schistes au Trias le plus élevé; pas plus que le fait de leur superposition locale à des calcaires où l'on a trouvé des fossiles rhétiens ne prouve d'une façon absolue la postériorité de ces Schistes à l'Infralias.

Il reste des présomptions plus ou moins fortes. Quand le Trias du *pays briançonnais* devient peu à peu métamorphique, en Vanoise, en Haute-Maurienne, en Haute-Tarentaise, on voit ses étages moyen et supérieur, au-dessus des quartzites de la base, augmenter d'épaisseur et ressembler de plus en plus aux Schistes Lustrés : des calcschistes micacés y alternent avec

---

([1]) Jean Boussac, *Feuille de Tignes au* $\frac{50}{1000}$ (*Bull. des Serv. de la Carte géolog. de la France*, t. 23, 1913-1914, p. 201). A voir la minute des contours géologiques laissée par Jean Boussac, il semble que, à Picheru, les Schistes Lustrés reposent sur le Trias en contact anormal, tantôt sur les calcaires, tantôt sur les quartzites, et qu'il n'y ait aucun passage d'un terrain à l'autre.

des marbres plus ou moins phylliteux, et les uns et les autres sont tellement identiques aux assises de même nature minéralogique qui constituent les Schistes Lustrés que la distinction, parfois, devient presque impossible, comme à Picheru, ou difficile, comme au Plan-de-Nette. On a l'impression que si l'on pouvait, à l'est de la Vanoise, enlever la *nappe des Schistes Lustrés*, on verrait le Trias briançonnais presque entier se fondre, graduellement, vers l'Est, dans l'immense complexe cristallin d'où cette nappe est sortie, et ne plus garder de caractéristique et d'individuel que ses quartzites, ses gypses, et parfois des marbres blancs ou des dolomies cristallines. En fait, dans la *nappe des Schistes Lustrés*, qui n'est autre que la *nappe du Mont-Rose* (Émile Argand), le Trias reconnaissable n'apparaît plus que comme un mince étage, lui-même très métamorphique, entre les micaschistes et gneiss du Permo-Houiller et les Schistes Lustrés. D'où la présomption que, là où les Schistes Lustrés sont complets, leur partie basse est du Trias moyen, en entendant par ces mots l'étage des marbres phylliteux triasiques de la Vanoise.

Une autre présomption, moins forte que celle que nous venons de dire, c'est que, si l'on enlevait, à l'est et au sud-est de Briançon, *la nappe des Schistes Lustrés*, on verrait, dans le *pays briançonnais*, le métamorphisme augmenter au fur et à mesure que l'on marcherait vers l'Est, *et s'étendre peu à peu à toute la série sédimentaire* en y effaçant insensiblement les différences de faciès. La ligne à partir de laquelle les terrains briançonnais deviennent ainsi métamorphiques est une ligne sinueuse, voisine du méridien entre l'Arc et l'Isère, oblique sur le méridien, et dirigée du Nord-Ouest au Sud-Est, à partir de Modane, et qui, visible aujourd'hui au nord de l'Arc, se cache, au sud de l'Arc, sous la *nappe des Schistes Lustrés*. C'est du pays, presque entièrement cristallin, situé sur le parcours de cette ligne, à une distance d'ailleurs inconnue, que viennent les écailles, véritables *lambeaux de poussée*, décrites par nous comme entraînées par le charriage des Schistes Lustrés : *terrains singuliers* et *marbres zonés* du Gondran, micaschistes et chloritoschistes permiens et quartzites triasiques du Rio Secco et des montagnes voisines. Dans ce prolongement oriental du Briançonnais, dans ce Briançonnais presque entièrement métamorphique, nous savons ainsi qu'il y a des *Radiolarites* (jaspes rouges du Gondran), des marbres phylliteux, des quartzites triasiques, du Permo-Houiller cristallin. Plus loin vers l'Est, on ne trouverait plus, dans le prolongement du *pays briançonnais*, que micaschistes et gneiss permo-houillers, Schistes Lustrés d'une puissance énorme, peut-être parmi ceux-ci quelques bancs, non transformés, de

Radiolarite, et, à la base des Schistes Lustrés, un peu de Trias, quartziteux ou marmoréen, encore reconnaissable. Il est à présumer que tous les autres faciès briançonnais, si divers, Trias moyen, Trias supérieur, Rhétien et Lias, Bathonien et Malm, marbres crétacés en plaquettes, Nummulitique calcaire et schisteux, se fondent peu à peu, vers l'Est, dans le faciès Schistes Lustrés : mais c'est là une présomption, et non plus une certitude comme on l'a pu croire jadis.

Présomption encore : la persistance du Nummulitique dans la zone des Aiguilles d'Arves, au nord-est des derniers points où l'on est certain qu'elle contient réellement du Nummulitique transgressif. Il semble bien que cette unité tectonique soit atteinte à son tour par le métamorphisme, non pas en même temps que la nappe du Grand-Saint-Bernard, mais plus loin vers le Nord-Est, et qu'elle passe latéralement à une zone de Schistes Lustrés. On peut croire que, dans ces derniers, il y a une part d'Eogène; mais cela n'est pas absolument certain.

Présomption, enfin, tirée de la très grande épaisseur des Schistes Lustrés, partout où on les connaît, épaisseur qui leur permet de constituer, à eux seuls, des ensembles montagneux, des massifs entiers, et qui ne peut se mesurer, semble-t-il, que par plusieurs milliers de mètres. Cette énorme puissance se retrouve dans la série ophiolitique de l'Apennin, avec la même monotonie d'aspect; et ces deux caractères, puissance et monotonie, font naturellement croire à la permanence, prolongée très longtemps, des conditions de la sédimentation, c'est-à-dire à une série largement compréhensive.

La conclusion de tout cela, c'est que les Schistes Lustrés sont une série cristallophyllienne dans laquelle il y a *certainement* du Lias [1], mais qui, *très probablement*, dépasse de beaucoup, quant à son âge, les limites de la période liasique. Il est *à peu près certain* qu'elle embrasse la partie haute du Trias. Il est *certain* qu'elle est au moins aussi *compréhensive* que la série *ophiolitique* de l'Apennin à laquelle elle passe, série où l'on ne peut guère se refuser à voir des termes d'âge crétacé et qui comprend, sans doute, une grande partie du Secondaire. Il est *probable*, enfin, que la partie haute des Schistes Lustrés, tout au moins dans la zone des Aiguilles d'Arves, est d'âge nummulitique. Il y a donc de grandes *vraisemblances* pour que les Schistes Lustrés soient une série compréhensive allant du Trias à l'Eogène, sans que, d'ailleurs, l'on puisse rien affirmer de précis au sujet de ses limites;

---

[1] Alb. Heim, *loc. cit.*, 1920.

la présence de nombreuses intercalations de brèches paraît néanmoins attester l'existence de *discontinuités stratigraphiques sur le bord nord-ouest* de l'aire où elle s'est déposée.

En tout cas, cette formation singulière, que l'on ne connaît, dans les Alpes françaises, qu'à l'état de nappe, ou de lambeaux de recouvrement isolés, est le trait le plus caractéristique de la masse alpine tout entière. On la connaît aujourd'hui sur environ 2000^{km} de longueur, depuis la Corse jusqu'au col du Katschberg : ici charriée, là autochtone, mais toujours identique à elle-même; toujours associée au même Trias cristallin ou semi-cristallin, et au même système de gneiss qu'aucune discordance ne sépare du Trias; enfin toujours soulignée par la présence des roches vertes. Formation géosynclinale typique, telle qu'il n'en existe pas de plus parfaite; succédant, dans le temps, et se superposant, en concordance, à un géosynclinal antétriasique dont l'origine se perd dans la nuit des âges; formation qui apparaît tellement liée au processus des phénomènes d'où sortira la chaîne entière que l'on ne peut guère douter de sa continuité à travers plusieurs périodes géologiques. Le fait du prolongement des Schistes Lustrés, avec tous leurs caractères, tout le long de la zone axiale des Alpes, est, sans contredit, l'argument le plus fort en faveur de l'hypothèse (on vient de voir que ce n'est plus qu'une hypothèse) qui les représente comme une série compréhensive allant du Trias moyen au Nummulitique.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *La transmission héréditaire des caractères acquis et l'accoutumance des microbes*. Note de MM. **Charles Richet** et **Henry Cardot**.

I. Un des problèmes les plus importants de la Physiologie générale est de savoir jusqu'à quel point les caractères acquis peuvent se perpétuer par hérédité. Il nous a semblé que chez les microbes l'étude de la transmission de caractères acquis pouvait présenter un intérêt particulier, du fait que ces êtres donnent en quelques jours plusieurs milliers de générations.

Il est possible d'ailleurs, qu'au point de vue de l'hérédité, l'influence des générations successives ne puisse être comparée chez les microbes et chez les êtres d'évolution plus lente. Peut-être faut-il tenir compte, non de la vie de l'individu, mais de la vie de ses cellules, qu'il s'agisse des êtres supérieurs ou des microbes. Dix générations de bactéries ne sont sans doute pas assimilables à dix générations humaines, puisqu'il y a, dans un cas, trois

heures d'adaptation, et, dans l'autre, trois siècles. Des études ultérieures décideront peut-être de cette difficile question : faut-il mesurer l'adaptation par le temps écoulé ou par le nombre des générations ?

Une autre remarque doit encore être faite : c'est que la transmission des caractères acquis d'une génération à la suivante n'est peut-être pas absolument comparable chez les microbes qui se multiplient par simple division et chez les êtres dont la reproduction est marquée à son début par la conjugaison ou la fusion de deux gamètes d'origines différentes.

Tout de même l'étude de l'accoutumance et de la transmission des caractères acquis chez les microbes est incomparablement plus facile que chez les êtres compliqués polycellulaires, non seulement à cause de la rapidité des générations, mais encore parce que la vie des microbes dépend étroitement des conditions extérieures qui peuvent être modifiées facilement au gré de l'expérimentateur.

II. Nous avons recherché l'influence de substances toxiques sur les microbes en fixant notre choix sur une espèce à multiplication rapide, facile à cultiver en série, et douée de propriétés biochimiques permettant une rapide estimation de son activité. La bactérie lactique répond bien à ces *desiderata*, puisqu'il suffit, pour déterminer les variations dans l'activité des cultures sous l'influence des poisons, de pratiquer de simples dosages acidimétriques.

Il est vraisemblable que les résultats acquis dans l'étude d'un microbe donné sont susceptibles de généralisation et peuvent être étendus aux microrganismes autres que la bactérie lactique. De fait, en étudiant comparativement l'action des toxiques sur des espèces aussi différentes les unes des autres que les ferments lactiques, les streptocoques et les staphylocoques, nous avons constaté des résultats identiques dans leurs grandes lignes.

Avec une technique convenablement réglée et la considération de moyennes portant sur un grand nombre de dosages, on a en mains une méthode de recherche qui permet une étude quantitative de l'adaptation des microbes aux toxiques, c'est-à-dire aussi aux antiseptiques. Nous donnerons ici, en les résumant, les résultats de recherches très nombreuses poursuivies depuis plusieurs années.

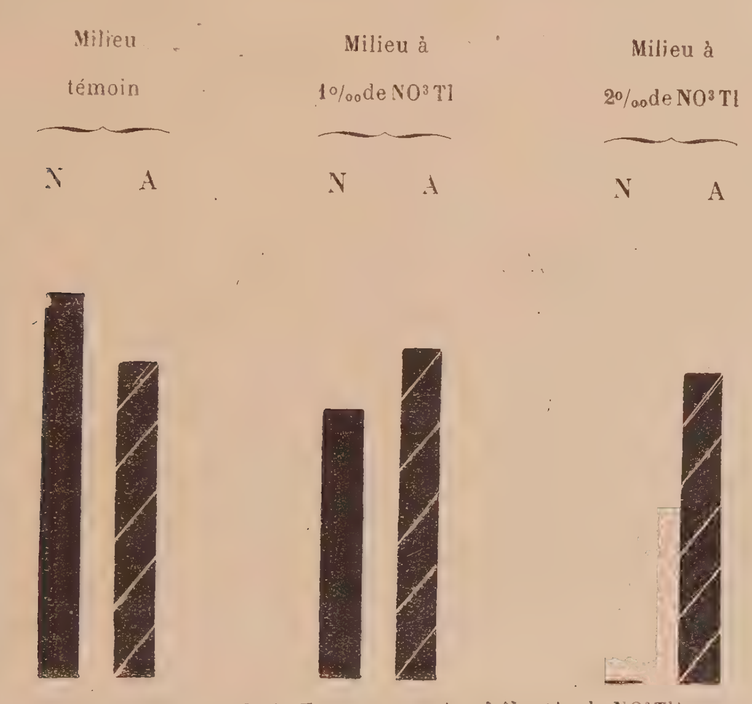
La méthode présente une suffisante sensibilité pour permettre de déceler, en usant de statistiques et de moyennes, l'influence surprenante de doses minuscules de substances sur le ferment lactique. On se rend compte ainsi que la dose de $0^g,001$ de formol dans 100^{cm^3} n'est pas sans exercer quelque action, et que la plupart des sels métalliques agissent de même à des doses

extraordinairement faibles, parfois inférieures à $\frac{1}{1000000000}$ de molécule-gramme par litre.

III. Il a fallu d'abord déterminer pour un poison donné, par exemple le nitrate de thallium, la dose toxique qui diminue notablement (de 50 pour 100 au moins) la quantité d'acide lactique formée en 24 heures.

Or un fait important se présente : les microbes ayant végété en présence de cette quantité toxique de nitrate de thallium ont acquis une adaptation au nitrate de thallium, c'est-à-dire qu'ensemencés en séries, ils devenaient peu à peu de plus en plus résistants à l'action du poison.

Le graphique suivant indique avec une netteté indiscutable ce phénomène de l'accoutumance.



N. Ferment normal; A. Ferment accoutumé (à 1 °/₀₀ de NO^3Tl).
La hauteur de la colonne indique l'intensité de la fermentation (quantité d'acide formé).
On voit : 1° Qu'en milieu normal, le ferment normal pousse mieux que le ferment accoutumé;
2° Qu'en milieu à 1 °/₀₀ de NO^3Tl, le ferment normal pousse moins bien que le ferment accoutumé;
3° Qu'en milieu à 2 °/₀₀ de NO^3Tl, le ferment normal ne pousse plus du tout, tandis que le ferment accoutumé pousse très bien.

IV. Divers faits importants sont à noter dans cette accoutumance.

A. L'accoutumance aux toxiques n'est pas spéciale au nitrate de thallium, ni même aux sels métalliques. Avec le nitrate de thallium et les

arséniates, elle est maximale. Mais nous avons pu l'observer pour le bromure de potassium, le saccharose, les sels de vanadium, de zinc, de cuivre, le phénol.

Une exception, très manifeste d'ailleurs, est donnée par le bichlorure de mercure. Il semble que, loin de s'habituer à ce poison, le bacille lactique lui devienne de plus en plus sensible.

B. L'accoutumance est *spécifique*. Les races microbiennes habituées au thallium n'ont acquis aucune immunité pour les autres toxiques, et réciproquement.

C. Reporté sur milieu normal, le ferment accoutumé à un liquide toxique végète pendant quelques jours un peu moins bien qu'un ferment normal. Plus tard, son activité redevient égale à celle du témoin. *Mais il a gardé son immunité spécifique vis-à-vis du thallium.*

Un microbe habitué depuis trois ou quatre mois au thallium, garde sa résistance spécifique à la toxicité du thallium pendant longtemps (20 jours au moins); tandis que s'il n'a végété antérieurement que pendant un mois sur le thallium, il perd sa spécifité (contre le thallium) en quelques jours quand on le fait végéter sur milieu normal.

D. On peut, suivant le procédé classique, par une dilution des semences poussée à la limite, obtenir une culture provenant selon toute vraisemblance d'un seul germe. La probabilité pour qu'il en soit ainsi équivaut à une certitude, si l'on pratique par cette méthode des dilutions plusieurs purifications successives et rapprochées. De telles cultures ne présentent, vis-à-vis des toxiques, aucune diminution du pouvoir d'accoutumance. C'est bien la descendance d'une seule cellule qui se différencie par des adaptations successives, maintenues sur l'hérédité.

E. L'accoutumance ne se produit pas graduellement, mais par des *à-coups*, rappelant les mutations brusques qu'on a admises chez certains organismes supérieurs.

F. Les microbes accoutumés, c'est-à-dire, somme toute, modifiés dans leurs propriétés normales, sont d'une notable fragilité; dès que le milieu de culture est modifié, ils dépérissent et meurent.

G. Par le fait de l'accoutumance, le *pouvoir ferment*, c'est-à-dire la quantité d'acide lactique pouvant être formée aux dépens du lactose par une quantité donnée de levure sèche, prise pour unité, va en augmentant dans une proportion considérable.

Soit le pouvoir ferment des microbes témoins égal à 100, quel a été le pouvoir ferment des microbes accoutumés?

Durée de la fermentation.	Milieu à 1 pour 1000 de NO^3Tl.	Milieu à 7 pour 1000 de NO^3Tl.
18 heures................	90	»
24 »	89	124
46 »	»	124
48 »	78	»
123 »	»	156

Ainsi, avec la concentration du poison, le pouvoir ferment se développe; comme si, pour compenser la forte diminution de la reproduction, l'activité biochimique des bactéries s'était exaltée afin de maintenir à un niveau normal le processus de fermentation.

V. Telles sont, très brièvement résumées, les lois que nous avons pu établir pour l'accoutumance du ferment lactique; elles conduisent à des conclusions pratiques et théoriques importantes.

Au point de vue théorique, il est établi maintenant qu'un caractère acquis peut se maintenir chez les microbes pendant une longue suite de générations.

Au point de vue pratique, l'accoutumance des microbes aux toxiques équivaut à l'accoutumance des microbes aux antiseptiques. De là cette conséquence, que l'un de nous a ailleurs développée, qu'il faut alterner les antiseptiques; car dans une plaie les microbes pathogènes, au contact d'un antiseptique, donnent des générations qui en supportent des quantités de plus en plus grandes, sans être troublée dans leur évolution.

Il y a des antiseptiques pour lesquels l'accoutumance ne se fait pas; ce sont les sels de mercure. Mais les sels de mercure sont très irréguliers dans leur action. En opérant avec la dose toxique limite, on voit dans des solutions contenant $0^g,01$ de $HgCl^2$ par litre, tantôt la fermentation tout à fait arrêtée, tantôt la fermentation aussi active (et parfois plus active) qu'à l'état normal.

Aussi avons-nous proposé de classer les antiseptiques en *réguliers* et *irréguliers*, selon la régularité ou l'irrégularité de leur action. Il faudra donc choisir les antiseptiques dont l'action est régulière; et, en outre, alterner ces antiseptiques réguliers.

Il est permis de supposer que cette accoutumance aux antiseptiques n'est pas limitée aux antiseptiques mêmes, mais qu'elle s'étend à toutes les actions toxiques, puisque toute action thérapeutique est, en fin de compte, une action toxique. Par conséquent, dans le traitement des

maladies, il faut alterner les médicaments et les médications; ce que l'on peut exprimer par une formule d'apparence paradoxale : *quand une médication a réussi, il est bon de la remplacer par une autre.*

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le point de fusion de la houille.* Note de MM. **Georges Charpy** et **Jean Durand.**

C'est un fait bien connu que l'action de la chaleur produit, sur certaines houilles, un ramollissement qui a été désigné parfois sous le nom de fusion. Ce phénomène est extrêmement important au point de vue de la fabrication du coke, puisqu'il marque l'agglomération caractéristique de la cokéfaction; il ne semble pas cependant que la température à laquelle il se produit ait jamais été déterminée avec précision.

Nous nous sommes proposé de reprendre cette étude en raison de l'intérêt qu'elle présente au point de vue de la fixation des conditions rationnelles de fabrication du coke.

Dans une première série d'essais, nous avons cherché si les variations de volume en fonction de la température présentaient une discontinuité caractéristique du changement d'état. Le mode opératoire employé est le suivant :

Le charbon, finement broyé et humecté d'eau, est moulé en petits cylindres de 35^{mm} de longueur environ, desséchés à l'étuve à 105°, puis placés dans un tube de verre de diamètre très légèrement supérieur. Une baguette de verre, effilée à une extrémité, est placée sur le cylindre de charbon. Le déplacement de la baguette, guidée par le tube de verre, permet de suivre sur une graduation les changements de volume des cylindres de charbon. Le tube ainsi préparé est placé dans une enveloppe en cuivre rouge et chauffé au bain de plomb; la température est mesurée au thermomètre à mercure jusqu'à 460°, et au couple thermo-électrique au delà.

Au cours du chauffage et à partir d'une certaine température, variable suivant les échantillons et la vitesse d'échauffement, on observe les phénomènes suivants : le cylindre subit d'abord une contraction progressive dont l'importance peut atteindre 12^{mm} pour un cylindre de 35^{mm}; cette contraction passe par un maximum puis s'annule. Si l'on poursuit le chauffage, l'échantillon présente une augmentation du volume apparent, quelquefois très importante, que la présence de bulles internes empêche cependant de considérer comme une véritable dilatation; cette augmentation de volume est enfin suivie de la deuxième contraction caractéristique de la

cokéfaction proprement dite. C'est à la température correspondant au maximum de la première contraction que la fusion se produit, caractérisée nettement par le fait que le charbon se ramollit et remplit complètement le tube de verre, dont l'épaisseur cesse d'être visible par transparence.

Ce procédé d'observation qui est intéressant, puisqu'il met en évidence une contraction de la houille aux environs du point de fusion, présente, pour certaines houilles, des difficultés expérimentales du fait que la zone de départ des goudrons peut empiéter sur la zone de contraction, et gêner le déplacement normal de l'index. Nous avons donc contrôlé les résultats obtenus ainsi par une seconde méthode : chauffage en tube scellé, sous pression d'hydrogène sec; dans ces conditions, les hydrocarbures ne se dégagent pas et la fusion peut s'observer très nettement.

Le mode opératoire est le suivant : le charbon moulé en cylindres, comme il est dit plus haut, est placé dans un tube de verre que l'on purge par un courant prolongé d'hydrogène sec et que l'on scelle. Cette opération doit être faite avec beaucoup de soin pour éviter les explosions au chauffage; néanmoins, en employant du verre dur, on a pu monter jusqu'à 600°; le chauffage est effectué dans les mêmes conditions que précédemment, on retire le tube et on l'observe après chauffage à des températures graduellement croissantes.

Le changement d'état se marque sans ambiguïté par les caractères que nous avons indiqués; de plus, la houille vient remplir complètement l'extrémité effilée du tube; il n'est donc pas exagéré de dire qu'il se produit une véritable fusion.

Les essais ont porté sur huit échantillons de houille à teneur croissante en matières volatiles; les résultats sont résumés dans le Tableau suivant :

		Analyse.				
N°.	Désignation.	Humidité.	Cendres.	Matières volatiles.	Carbone fixe.	Point de fusion (¹).
1.	Anthracite de la Mure.	1,40	9,02	6,54	84,44	Ne fond pas
2.	La Fouillouse Roche-Sagnat..........	0,60	14,89	15,79	69,32	Ne fond pas à température inférieure à 600°
3.	Le Clapier...........	1,20	12,04	21,15	66,81	450°
4.	Montrambert........	0,60	16,07	24,49	59,44	400
5.	Montrambert........	0,56	7,84	28,64	63,52	395
6.	Américain...........	1,98	14,36	33,07	52,36	550
7.	Bruay..............	2,37	7,94	33,33	56,36	450
8.	Marles.............	1,96	9,55	36,24	52,25	410

(¹) Le nombre de déterminations a varié, suivant les échantillons, de 2 à 20.

Ces résultats montrent nettement que le point de fusion déterminé suivant la technique précédente est une caractéristique du charbon au même titre que la température de cokéfaction telle que l'a déterminée l'un de nous; ils confirment les résultats précédents relatifs à l'individualité des houilles. Ils montrent également que le point de fusion est indépendant de la teneur en matières volatiles et varie dans de larges limites, à l'inverse de l'opinion admise jusqu'ici.

Il faut noter également que la fusibilité des houilles est, comme leur aptitude à la cokéfaction, liée directement à leur état d'oxydation; nous avons vérifié que les houilles citées plus haut, oxydées par étuvage à 120°, ne sont plus susceptibles de fondre.

ALGÈBRE. — *Les polynomes égaux à des déterminants.* Note de M. L.-E. Dickson.

Les seuls polynomes homogènes et généraux qui soient égaux à des déterminants, dont les éléments sont des fonctions linéaires, sont les suivants : toute forme (polynome homogène) en deux ou trois variables, toute forme quadratique à quatre variables, et la forme cubique générale à quatre variables.

Ce théorème est une conséquence du suivant : Soit D un déterminant dont les r^2 éléments sont les fonctions linéaires et homogènes de $x_1, \ldots, x_n$. Par les permutations des lignes ou des colonnes de D, la multiplication des éléments d'une même ligne ou colonne par un nombre, ou l'addition aux éléments d'une ligne (ou colonne) des produits des éléments d'une autre ligne (ou colonne) par un nombre, nous pouvons ramener D à une forme canonique dans laquelle le nombre des paramètres est au plus égal à $(n-2)r^2+2$, si $n>2$. Mais le nombre des termes de la forme générale de degré r en n variables est égal à

$$\frac{(r+n-1!}{r!(n-1)!}.$$

Ce nombre est plus grand que $(n-2)r^2+2$ si $n>4$, et si $n=4$, $r>3$. Pour $n=4$, $r=2$, la surface quadratique peut s'écrire $xy-zw=0$, qui a la forme d'un déterminant. Il est bien connu que la même conclusion est vraie pour la surface cubique générale.

Toute forme ternaire f est égale à un déterminant. Il suffit de traiter le

cas d'une forme indécomposable. Alors, on trouve une ligne droite qui a r intersections distinctes avec la courbe $f=0$ de degré r. Nous choisissons une telle ligne pour $z=0$ dans un système des coordonnées homogènes, et pour $y=0$ nous choisissons une ligne qui ne passe pas par une des intersections de $z=0$ avec $f=0$. Ainsi, pour $z=0$, f se réduit à un produit $X_1 X_2 \ldots X_r$ de r fonctions linéaires $X_i = x + \lambda_i y$. Alors je démontre que f est identique avec un seul déterminant

$$\begin{vmatrix} X_1 + c_{11} z & z & 0 & \ldots & 0 \\ c_{21} z & X_2 + c_{22} z & z & \ldots & 0 \\ \ldots & \ldots & . & \ldots & . \\ c_{r1} z & c_{r2} z & c_{r3} z & \ldots & X_r + c_{rr} z \end{vmatrix},$$

dont les éléments au-dessus de la diagonale sont tous zéro, exception faite des éléments z adjacent à la diagonale.

J'ai étudié ces questions en ayant égard aussi à la rationalité. Une courbe cubique avec un point d'inflexion rationnel s'exprime rationnellement par un déterminant (c'est-à-dire que les éléments sont des fonctions linéaires avec coefficients rationnels), si elle a un autre point rationnel, et seulement dans ce cas-là. Une courbe cubique avec un point rationnel P, qui n'est pas un point d'inflexion, s'exprime comme un déterminant rationnellement seulement si elle a trois points rationnels d'intersection avec quelques-unes des lignes droites, autres que la ligne tangente t à P, qui passe par la tangentiale de P (le nouveau point dans lequel t rencontre la cubique).

Pour la surface cubique, le problème se ramène à une équation de degré, $171 = 9 \cdot 19$ dans le cas général. Un cas spécial donne le théorème suivant : Soit $q=0$ une surface quadratique avec coefficients rationnels. Si la surface a un point rationnel qui se trouve sur le plan $y=0$, yq s'exprime rationnellement comme un déterminant. Si tout point rationnel de la surface est sur le plan $y=0$, yq s'exprime rationnellement comme un déterminant seulement si le déterminant Δ de q est zéro, ou si Δ est le carré d'un nombre rationnel $\neq 0$ et le déterminant de $q(x, 0, z, w)$ n'est pas zéro. Au contraire, si la surface a un point rationnel, mais n'a aucun point rationnel en commun avec le plan, yq ne s'exprime pas rationnellement comme un déterminant. Dans le deuxième cas :

$$y(x^2 - r\rho y^2 + r\sigma z^2 - \rho\sigma w^2) = \begin{vmatrix} x & \rho y & z \\ ry & x & w \\ -\sigma w & \sigma z & y \end{vmatrix}.$$

En général, il s'agit de choisir un tableau représentatif de chaque classe de tableaux (matrices) équivalent dont les éléments sont fonctions linéaires avec un déterminant donné.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Tisserand** est désigné pour faire partie du Conseil d'administration de l'*Institut national agronomique.*

Par la majorité absolue des suffrages, M. **E. Lindet** est désigné pour faire partie du Conseil d'administration de l'*École nationale d'Agriculture* de Grignon.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

V. Villavecchia, *Traité de Chimie analytique appliquée,* traduit et annoté par F. Nicolardot. (Présenté par M. E. Lindet.)

MM. **Auclair** et **A. Boyer-Guillon**, M. **R. Jarry-Desloges** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. **Jules Baillaud**, M. le **Directeur de l'Observatoire de Ksara**, M. le **Président de la Commission administrative du Laboratoire central d'électricité**, M. le **Directeur de l'Observatoire de Zikawei**, MM. **F. Maignon**, **A. Railliet** adressent des remerciments pour les subventions accordées sur la *Fondation Loutreuil.*

M. **Béhal** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Chimie, par le décès de M. *Armand Gautier.*

M. le **Sous-Secrétaire d'État de l'Aéronautique et des Transports aériens** invite l'Académie à désigner deux de ses Membres à l'*Office national météorologique*.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les systèmes cycliques de triples de Steiner.* Note de M. S. **Bays**.

1. Un ensemble de triples (combinaisons 3 à 3) de N éléments, contenant une fois et une seule fois chaque couple de ces éléments, est un *système de triples de Steiner*. Un système de triples de Steiner de $N = 6n + 1$ éléments est *cyclique* lorsque ses $n(6n + 1)$ triples sont répartis en n séries cycliques de la forme $a + x$, $b + x$, $c + x$ ($x = 1, 2, \ldots, N$).

Dans un premier travail (1), j'avais obtenu, principalement par l'emploi du groupe métacyclique $\{|x, 1 + x|, |x, \alpha x|\}$, α appartenant à l'exposant $\varphi(N)$ mod N, les systèmes cycliques de triples de Steiner *différents* (2) pour les premières valeurs de $N = 6n + 1$, jusqu'à $N = 31$. Dans un second travail, en introduisant un groupe cyclique que je note $\{|\overline{x}, \overline{\alpha x}|\}$, α appartenant à l'exposant $\varphi(N)$ mod N, et où j'entends par l'élément $\overline{a}$ *la valeur absolue du plus petit reste positif ou negatif de a* (mod N), j'ai maintenant un procédé général permettant d'obtenir pour les valeurs de $N = 6n + 1$ immédiatement suivantes : 37, 43, 49, 61, ... les systèmes cycliques de triples de Steiner *différents*, et les diviseurs du groupe métacyclique qui leur appartiennent.

Appelons les éléments 0, 1, 2, ..., $6n$. Les éléments associés à l'élément 0 dans une série cyclique x, $a + x$, $b + x$ ($x = 0, 1, \ldots, 6n$), sont

$$a,\quad b-a,\quad b,\quad N-b,\quad N-(b-a),\quad N-a \qquad (a < b).$$

Trois de ces éléments sont inférieurs à $\frac{1}{2}N$; ils forment la *caractéristique* de la série. Une combinaison de n caractéristiques sans élément commun, autrement dit, un *système de caractéristiques* détermine 2^n systèmes cycliques de triples de Steiner, parmi lesquels 2^{n-1}, au plus, sont éventuellement différents (voir ma première Note).

---

(1) Ce travail paraîtra dans un autre recueil. Ses résultats sont contenus dans une Note des *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 542.

(2) Non déductibles l'un de l'autre par une substitution quelconque des N éléments.

Le groupe $\{|\overline{x}, \overline{\alpha x}|\}$ transforme l'*ensemble* des caractéristiques en lui-même. Lorsque N est premier, le système de caractéristiques

$$\overline{\alpha}^0\,\overline{\alpha}^n\,\overline{\alpha}^{2n},\quad \overline{\alpha}^1\,\overline{\alpha}^{n+1}\,\overline{\alpha}^{2n+1},\quad \ldots,\quad \overline{\alpha}^{n-1}\,\overline{\alpha}^{2n-1}\,\overline{\alpha}^{3n-1}$$

détermine $\left[\dfrac{2^{n-1}}{n}\right]$ ([1]) systèmes cycliques de Steiner *différents*, et possédant le diviseur métacyclique $\{|x, 1+x|, |x, \alpha^{2n}x|\}$. La recherche des systèmes de caractéristiques est réduite à celle des systèmes de caractéristiques *non déductibles l'un de l'autre par les substitutions du groupe* $\{|\overline{x}, \overline{\alpha x}|\}$, et de ces systèmes de caractéristiques *fondamentaux* j'obtiens, sans autre, les systèmes cycliques *différents* et les diviseurs métacycliques qu'ils possèdent.

2. Les résultats que j'ai jusqu'ici forment maintenant le Tableau suivant :

$N = 6n+1$.	n.	S″.	S′.	S.
7	1	1	1	1
13	2	1	1	1
19	3	2	4	4
31	5	8	64	80
37	6	32	455	820
43	7	157	3049	9380
25 ([2])	4	2	15	12

S = nombre des systèmes cycliques de triples de Steiner *différents*;
S′ = nombre des systèmes de caractéristiques;
S″ = nombre des systèmes de caractéristiques *fondamentaux*.

L'intérêt d'ailleurs est moins dans ce Tableau, qui ne donne que des sommes, que dans la manière dont se répartissent ces systèmes cycliques différents, pour chaque N, et les groupes qu'ils possèdent; répartition et groupes *qui dépendent entièrement de la constitution des systèmes* S″. Chaque système S″ détermine une famille de systèmes cycliques de triples différents à symétrie propre ([3]). Pour chercher maintenant une loi de formation de

---

([1]) En entendant par ces crochets, contrairement à ce qui est d'habitude, le premier entier, qui *dépasse* ou *est égal* à 2^{n-1}, le système cyclique de Nesso :

$$0,\quad g^\alpha,\quad g^{n+\alpha}\qquad (\alpha = 0, 1, \ldots, n-1;\ g \text{ racine primitive de N})$$

(Nesso, *Combinatonik*, 1901, p. 220), est un de ces systèmes.

([2]) Je mets à part le cas N = 25, parce que non premier.

([3]) Ainsi, pour N = 43, 140 systèmes S″ ne possèdent que l'identité; ils donnent chacun 2^6 systèmes cycliques différents, ne possédant que le groupe cyclique

ces systèmes S″, l'étude des ensembles de caractéristiques est à faire en premier lieu. C'est dans ce sens que j'ai déjà établi quelques théorèmes, en introduisant la *relation congruentielle* $\overline{a} = \overline{b}$ (mod N) pour $a \equiv \pm b$ (mod N). Je n'indiquerai que le premier :

Pour $N = 6n + 1$ *premier, pour lequel* $3n$ *est le plus petit exposant qui rend* $\overline{2^{3n}} \equiv 1$ (mod N) *le groupe qui appartient à l'ensemble des caractéristiques est le groupe* $\{|\overline{x}, \overline{\alpha x}|\}$, α *racine primitive de* N.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Réponse à une Note de M. Fubini sur les fonctions automorphes.* Note de M. **Georges Giraud.**

Dans une Note du 19 juillet dernier, M. Fubini rappelle qu'il a étudié avant moi les groupes de collinéations réelles conservant les formes quadratiques du type $x_1^2 + x_2^2 - x_3^2 - \ldots - x_n^2$. Ces beaux travaux de M. Fubini auraient certainement abrégé mes recherches si j'en avais pris connaissance en temps utile, comme de beaucoup d'autres du même auteur cités dans mon Ouvrage. Voici pourtant une observation à leur sujet.

Dans son Mémoire : *Nuove ricerche intorno ad alcune classi di gruppi discontinui* (*Rendiconti del Circolo matematico di Palermo*, t. 21), M. Fubini énonce le théorème suivant :

« Un groupe G de collinéations réelles, privé de transformations infinitésimales, qui transforme en elle-même une forme quadratique du type

$$V = x_1^2 + x_2^2 - (x_3^2 + \ldots + x_n^2)$$

(ou, ce qui revient au même, une forme réductible au type précédent) au moyen d'une collinéation réelle, opère d'une manière proprement discontinue sur les points imaginaires de la quadrique $V = 0$. »

Dans son Ouvrage : *Introduzione alla teoria dei gruppi discontinui e delle funzioni automorfe* (p. 131), se retrouve la même proposition restreinte

---

$\{|x, 1+x|\} \doteq \{s\}$. 15 systèmes S″ ont le diviseur $\{|\overline{x}, \overline{3^7 x}|\}$; 5 d'entre eux donnent chacun 32 systèmes cycliques différents (16 n'ayant que le groupe cyclique $\{s\}$, et 16 ayant le diviseur métacyclique $\{s, |x, 3^{14}x|\}$) et les 10 autres 24 systèmes chacun (20 n'ayant que le groupe cyclique $\{s\}$ et 4 le diviseur métacyclique précédent). 1 système S″ a le diviseur $\{|\overline{x}, \overline{3^3 x}|\}$ et 1 système le groupe entier $\{|\overline{x}, \overline{3x}|\}$; ils donnent chacun 10 systèmes cycliques différents (9 n'ayant que le groupe cyclique $\{s\}$ et le dixième respectivement les diviseurs métacycliques $\{s, |x, 3^6 x|\}$ et $\{s, |x, 3^2 x|\}$).

aux points imaginaires qui ne se trouvent pas sur une droite réelle de la quadrique.

Dans mes *Leçons sur les fonctions automorphes* (p. 81), je démontre seulement que le groupe est discontinu pour les points des domaines que j'ai appelés (I) et (I').

Cette restriction est nécessaire, comme le prouve l'exemple de la transformation

$$X_1 = r x_1, \qquad X_2 = x_2, \qquad X_3 = x_3, \qquad X_4 = x_4, \qquad X_5 = \frac{x_5}{r},$$

qui conserve la quadrique

$$x_1 x_5 + x_2 x_4 + x_3^2 = 0$$

du type voulu. Le groupe de ses puissances n'a pas de transformations infinitésimales. Or il conserve les points de la multiplicité

$$x_1 = x_5 = 0,$$

qui rencontre la quadrique en des points imaginaires non situés sur des droites réelles de la quadrique.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions hypertoroïdales et leur lien avec les fonctions hypersphériques*. Note de M. PIERRE HUMBERT, présentée par M. Appell.

Nous avons vu dans notre dernière Note (¹) qu'un changement de variables, dans l'espace à quatre dimensions, introduisant, comme hypersurfaces coordonnées, des hypersurfaces engendrées par la rotation d'un tore autour d'un axe situé dans son espace, conduisait à un produit de Laplace où figuraient les polynomes $\mathfrak{V}_{m,n}$ d'Hermite. Un changement de variables analogue va nous amener aujourd'hui à une extension des polynomes $V_{m,n}$ du même auteur.

Soit le changement de variable

$$x = \frac{\operatorname{sh}\sigma\cos\psi}{\operatorname{ch}\sigma - \cos\theta}, \qquad y = -\frac{\sin\theta\cos\varphi}{\operatorname{ch}\sigma - \cos\theta}, \qquad z = -\frac{\sin\theta\sin\varphi}{\operatorname{ch}\sigma - \cos\theta}, \qquad t = \frac{\operatorname{sh}\sigma\sin\psi}{\operatorname{ch}\sigma - \cos\theta},$$

où l'hypersurface $\sigma = \text{const.}$ est un *hypertore*, c'est-à-dire l'hypersurface engendrée par la rotation autour de l'axe des t d'une sphère ayant une

[1] *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1116.

équation de la forme

$$(x-\alpha)^2+y^2+z^2=\beta^2.$$

L'équation de Laplace dans ce système s'écrit alors

$$\frac{\partial}{\partial\sigma}\left[\frac{\operatorname{sh}\sigma\sin\theta}{(\operatorname{ch}\sigma-\cos\theta)^2}\frac{\partial U}{\partial\sigma}\right]+\frac{\partial}{\partial\theta}\left[\frac{\operatorname{sh}\sigma\sin\theta}{(\operatorname{ch}\sigma-\cos\theta)^2}\frac{\partial U}{\partial\theta}\right]$$
$$+\frac{\operatorname{sh}\sigma}{\sin\theta(\operatorname{ch}\sigma-\cos\theta)^2}\frac{\partial^2 U}{\partial\varphi^2}+\frac{\sin\theta}{\operatorname{sh}\sigma(\operatorname{ch}\sigma-\cos\theta)^2}\frac{\partial^2 U}{\partial\psi^2}=0.$$

Nous en chercherons des solutions de la forme

$$U=(\operatorname{ch}\sigma-\cos\theta)\operatorname{sh}^{\mu}\sigma\sin^{\nu}\theta\cos\mu\psi\cos\nu\varphi\, F(\sigma,\theta),$$

μ et ν étant des entiers arbitraires, et la fonction F, que nous appellerons *fonction hypertoroïdale*, vérifiant l'équation

$$(1)\quad \frac{\partial^2 F}{\partial\theta^2}+\frac{\partial^2 F}{\partial\sigma^2}+(2\nu+1)\cot\theta\frac{\partial F}{\partial\theta}+(2\mu+1)\coth\sigma\frac{\partial F}{\partial\sigma}+[\mu(\mu+1)-\nu(\nu+1)]F=0$$

qui, si l'on pose $\cos\theta=u$, $\operatorname{ch}\sigma=v$, s'écrit

$$(2)\qquad (1-u^2)\frac{\partial^2 F}{\partial u^2}-(1-v^2)\frac{\partial^2 F}{\partial v^2}$$
$$-(2\nu+2)u\frac{\partial F}{\partial u}+(2\mu+2)v\frac{\partial F}{\partial v}+[\mu(\mu+1)-\nu(\nu+1)]F=0.$$

On pourrait disjoindre les variables et mettre F sous forme d'un produit d'une fonction de u par une fonction de v : mais nous rejetterons de telles solutions. Constatons alors que l'équation (2) se rattache à un type bien connu : le polynome $V_{m,n}(x,y)$ d'Hermite, défini par le développement

$$(1-2ax-2by+a^2+b^2)^{-1}=\sum_m\sum_n a^m b^n V_{m,n}(x,y)$$

satisfait en effet au système [1]

$$(1-x^2)r-xys-(n+3)xp+mqy+m(m+n+2)z=0,$$
$$(1-y^2)t-xys-(m+3)yq+npx+n(m+n+2)z=0,$$

et, par conséquent, à l'équation unique obtenue par soustraction,

$$(1-x^2)r-(2n+3)px-(1-y^2)t+(2m+3)qy+(m-n)(m+n+2)z=0.$$

Si nous faisons alors $m=\mu-\frac{1}{2}$, $n=\nu-\frac{1}{2}$, nous trouvons précisément

---

(1) F. Didon, *Étude de certaines fonctions*, etc. (Thèse, Paris, 1868, p. 15).

l'équation (2). On est ainsi amené à considérer, comme fonctions hypertoroïdales, des extensions des polynomes $V_{m,n}$ d'Hermite, où les indices, au lieu d'être entiers, seront égaux chacun à la moitié d'un nombre impair : résultat d'un intérêt évident, si l'on se souvient que la recherche, dans l'espace à trois dimensions, des fonctions toroïdales, a justement amené à l'introduction de fonctions nouvelles, extensions à indices fractionnaires du polynome P_n de Legendre. Les fonctions hypertoroïdales que nous avons obtenues sont donc aux fonctions hypersphériques exactement ce que les fonctions toroïdales sont aux fonctions sphériques.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les zéros des intégrales d'une classe d'équations différentielles.* Note de M. **Théodore Varopoulos**, présentée par M. Hadamard.

1. Soit une fonction $u = f(z)$ multiforme définie par une équation de la forme

$$A_0(z) + A_1(z)u + A_2(z)u^2 + \ldots + A_{\mu-1}(z)u^{\mu-1} + u^\mu + z\varphi(z, u) = 0,$$

les $A_i(z)$ désignant *des fonctions entières* d'ordre de grandeur $e^{M(r)}$ et $\varphi(z, u)$ une fonction entière par rapport à z, pour chaque valeur de u, d'ordre inférieur à $e^{M(r)1-\varepsilon}$ (ε étant un nombre positif). Nous avons établi le théorème suivant [1] :

L'ensemble des valeurs (E), (E_1), (E_2) *exceptionnelles de u (au sens plusieurs fois expliqué) ne surpasse jamais* $\mu + 1$.

Le théorème, ci-dessus énoncé, subsiste encore pour toutes les fonctions $u = f(z)$ définies par une équation de la forme

$$A_0(z) + A_1(z)u + \ldots + A_{\mu-1}(z)u^{\mu-1} + u^\mu + z.g(u) = 0.$$

$g(u)$ désignant une fonction quelconque de u.

2. Envisageons maintenant une équation différentielle de la forme

$$(1)\quad A_0(z) + A_1(z)u + A_2(z)u^2 + \ldots + A_{\mu-1}(z)u^{\mu-1} + u^\mu + z.\Phi[u, u', u'', \ldots, u^{(n)}] = 0$$

et désignons par $e^{M(r)}$ le plus grand des ordres de grandeur des *fonctions entières* $A_i(z)$. Supposons que $\Phi[u, u', u'', \ldots, u^{(n)}]$ soit un polynome par rapport à $u, u', \ldots, u^{(n)}$. Considérons une intégrale $u = q(z)$ de l'équation différentielle (1), éliminons la variable z entre les équations $u = q(z)$, $u' = q'(z)$ et soit $u' = h_1(u)$ le résultat de cette élimination. En général

(1) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1198.

soit $u^{(n)} = h_n(u)$ la fonction obtenue par l'élimination de z entre les deux équations $u = q(z)$, $u^{(n)} = q^{(n)}(z)$.

Alors l'élimination des u', u'', ..., $u^{(n)}$ entre les équations

$$u' = h_1(u), \qquad u'' = h_2(u), \quad \ldots, \quad u^{(n)} = h_n(u)$$

et l'équation (1) nous conduit à une équation de la forme

$$A_0(z) + A_1(z)u + \ldots + A_{\mu-1}(z)u^{\mu-1} + u^\mu + z.\mathcal{F}(u) = 0 \tag{2}$$

qui sera satisfaite par l'intégrale $u = q(z)$.

Nous dirons que l'équation (2) est *irréductible* lorsque cette équation ne définit qu'une fonction *unique*.

Pour une valeur $u = a$ telle que $\mathcal{F}(a)$ soit infinie, l'équation (2) n'admet aucune racine finie et différente de zéro, et puisque nous supposons que l'équation (2) est irréductible, il en sera donc de même de l'équation $a = q(z)$.

Alors l'intégrale $u = q(z)$ ne prend la valeur a pour aucune valeur finie de z sauf, peut-être, par la valeur $z = 0$.

Une telle valeur $u = a$, nous l'appellerons, avec M. Rémoundos (¹), *valeur exceptionnelle parfaite*.

Nous avons ainsi un théorème tout à fait identique à celui que nous avons déjà démontré (*loc. cit.*).

Théorème. — *Pour toute intégrale $u = q(z)$ d'une équation différentielle d'ordre quelconque et de forme suivante :*

$$A_0(z) + A_1(z)u + A_2(z)u^2 + \ldots + A_{\mu-1}(z)u^{\mu-1} + u^\mu + z\Phi[u, u', u'', \ldots, u^{(n)}] = 0$$

les fonctions $A_i(z)$, dont une, au moins, est transcendante, étant entières et Φ désignant un polynome quelconque par rapport à u, u', u'', ..., $u^{(n)}$, le nombre des valeurs exceptionnelles non parfaites, lesquelles appartiennent aux ensembles (E), (E′), (E₂), *est égal au plus à μ, l'infini non compris.*

La démonstration se fait par la méthode d'élimination et s'appuie sur la proposition fondamentale de M. Borel [voir : *Mémoire sur les zéros des fonctions entières* (*Acta mathematica*, t. 20, 1897)].

(¹) *Comptes rendus*, t. 147, 1908, p. 416.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Résolution de l'équation algébrique générale par des fonctions hypergéométriques de plusieurs variables.* Note de M. **Richard Birkeland**, présentée par M. E. Goursat.

Considérons une série procédant suivant les puissances entières et positives de $z_1, z_2, \ldots, z_p$:

$$S = \Sigma\, K_{n_1, n_2, \ldots, n_p} z_1^{n_1} z_2^{n_2} \ldots z_p^{n_p}.$$

Nous dirons qu'elle est l'élément d'une *fonction hypergéométrique de p variables $z_1, z_2, \ldots, z_p$ quand tous les rapports*

$$\frac{K_{n_1+1, n_2, \ldots, n_p}}{K_{n_1, n_2, \ldots, n_p}}, \quad \frac{K_{n_1, n_2+1, \ldots, n_p}}{K_{n_1, n_2, \ldots, n_p}}, \quad \ldots, \quad \frac{K_{n_1, n_2, \ldots, n_p+1}}{K_{n_1, n_2, \ldots, n_p}}$$

sont des fonctions rationnelles de $n_1, n_2, \ldots, n_p$. C'est une classe de fonctions très étendues et très importantes; elles sont étudiées par un grand nombre de géomètres.

Nous considérons une équation algébrique générale, du degré n, mise sous la forme :

$$(1) \qquad v = v^n - (l_1 + l_2 v^2 + l_3 v^3 + \ldots + l_{n-1} v^{n-1}),$$

$l_1, l_2, \ldots, l_{n-1}$ étant les coefficients. Désignons les n racines par $v_1, v_2, \ldots, v_n$. *Nous pouvons exprimer ces n racines par une somme de fonctions hypergéométriques de $n - 1$ variables.* En effet, nous allons démontrer qu'on peut donner les expressions suivantes pour les $n - 1$ racines $v_1, v_2, \ldots, v_{n-1}$:

$$(2) \qquad v_i = \nu^i + \Sigma_k \nu^{is} l_1^{k_1} l_2^{k_2} \ldots l_{n-1}^{k_{n-1}} \Psi_{k_1, k_2, \ldots, k_{n-1}}(\zeta_1, \zeta_2, \ldots, \zeta_{n-1}),$$

où ν est une racine primitive de l'équation $v^{n-1} = 1$ et la somme Σ_k étendue aux valeurs

$$k_1 = 0, 1, 2, \ldots, n-2, \quad k_2 = 0, 1, 2, \ldots, n-2, \quad \ldots, \quad k_{n-1} = 0, 1, 2, \ldots, n-2;$$

en outre, nous avons

$$\zeta_\lambda = (l_\lambda)^{n-1}, \qquad s = k_2 + 2k_3 + \ldots + (n-2)k_{n-1} - k_1 + 1$$

et les $(n-1)^{n-1}$ fonctions $\Psi_{k_1, k_2, \ldots, k_{n-1}}$ sont définies par les séries

$$\Sigma_k \frac{(-1)^{r+1}}{n-1} \frac{(\rho+1)(\rho+2)\ldots(\rho+r-1)}{\alpha_1!\,\alpha_2!\ldots\alpha_{n-1}!} \zeta_1^{k_1} \zeta_2^{k_2} \ldots \zeta_{n-1}^{k_{n-1}} = \Sigma_k A_{k_1, k_2, \ldots, k_{n-1}} \zeta_1^{k_1} \zeta_2^{k_2} \ldots \zeta_{n-1}^{k_{n-1}}.$$

la somme étant étendue à toutes les valeurs entières et positives et les valeurs

nulles de $k_1, k_2, \ldots, k_{n-1}$. En outre, nous avons

$$(3)\quad \begin{cases} r = \alpha_1 + \alpha_2 + \ldots + \alpha_{n-1}, \quad \rho = \dfrac{r - 1 - [2\alpha_2 + 3\alpha_3 + \ldots + (n-1)\alpha_{n-1}]}{n-1} = -\dfrac{p}{n-1}, \\ \alpha_\lambda \equiv k_\lambda \mod (n-1), \qquad \alpha_\lambda = k_\lambda + k_\lambda(n-1). \end{cases}$$

Ces $(n-1)^{n-1}$ fonctions sont des fonctions hypergéométriques de $n-1$ variables $\zeta_1, \zeta_2, \ldots, \zeta_{n-1}$.

En effet, quand k_1 se change en $k_1 + 1$, les nombres α_1 et r se changent en $\alpha_1 + n - 1$ et $r + n - 1$. Par conséquent, les nombres ρ et p se changent en $\rho + 1$ et $p + n - 1$ respectivement. Nous obtenons donc, d'après un calcul facile,

$$\frac{A_{k_1+1, k_2, \ldots, k_{n-1}}}{A_{k_1, k_2, \ldots, k_{n-1}}} = (-1)^{n-1} \frac{(\rho + r)(\rho + r + 1)\ldots(\rho + r + n - 1)}{(\rho + 1)(\alpha_1 + 1)\ldots(\alpha_1 + n - 1)},$$

ρ et r sont des fonctions linéaires de $k_1, k_2, \ldots, k_{n-1}$. Le rapport entre les deux coefficients est donc une fonction rationnelle de $k_1, k_2, \ldots, k_{n-1}$. Le numérateur et le dénominateur sont des polynomes en $k_1, k_2, \ldots, k_{n-1}$ *de degré fixe* n.

Soit λ un des nombres $2, 3, \ldots, n-1$. Quand k_λ se change en $k_\lambda + 1$, les nombres α_λ et r se change en $\alpha_\lambda + n - 1$ et $r + n - 1$. Par conséquent, les nombres ρ et p se changent en $\rho - \lambda + 1$ et $p - (\lambda - 1)(n-1)$ respectivement. Nous obtenons donc

$$\frac{A_{k_1, k_2, \ldots, k_\lambda + 1, \ldots, k_{n-1}}}{A_{k_1, k_2, \ldots, k_\lambda, \ldots, k_{n-1}}} = (-1)^{n-1} \frac{(\rho - \lambda + 2)(\rho - \lambda + 3)\ldots\rho(\rho + r)(\rho + r + 1)\ldots(\rho + r + n - \lambda - 1)}{(\alpha_\lambda + 1)(\alpha_\lambda + 2)\ldots(\alpha_\lambda + n - 1)}.$$

Le numérateur et le dénominateur sont donc des polynomes en $k_1, k_2, \ldots, k_{n-1}$ *de degré fixe $n-1$. Les fonctions $\psi_{k_1, k_2, \ldots, k_{n-1}}$ sont donc des fonctions hypergéométriques des $n-1$ variables $\zeta_1, \zeta_2, \ldots, \zeta_{n-1}$.*

Le nombre de variables sera diminué quand quelques-uns des coefficients $l_1, l_2, \ldots, l_{n-1}$ sont nuls. Ainsi, dans le cas où $l_2 = l_3 = \ldots = l_{n-1} = 0$, nous avons des fonctions hypergéométriques d'une variable et nous retombons sur la solution de l'équation trinome $v^n = v + l_1$ que j'ai donnée dans une Note précédente [1].

Maintenant, nous allons démontrer le théorème précédent. Écrivons $l_1 = l$, $l_\lambda = lh_\lambda$ $(h = 2, 3, \ldots, n-1)$. L'équation (1) devient

$$(4)\qquad v = v^n - l(1 + h_2 v^2 + h_3 v^3 + \ldots + h_{n-1} v^{n-1}).$$

---

[1] *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 778.

Considérons l'équation de Lagrange

$$(5)\qquad \theta = y + \alpha f(\theta).$$

Soit $F(\theta)$ une fonction d'une racine de cette équation qui pour $\alpha = 0$ devient $\theta = y$. Nous avons alors, d'après la formule de Lagrange,

$$(6)\qquad \begin{aligned} F(\theta) = F(y) + \frac{\alpha}{1!}[f(y)F'(y)] + \frac{\alpha^2}{2!}\frac{d}{dy}[f(y)^2F'(y)] + \ldots \\ + \frac{\alpha^r}{r!}\frac{d^{r-1}}{dy^{r-1}}[f(y)^rF'(y)] + \ldots. \end{aligned}$$

Si nous posons $y = 1$, $\alpha = -l$ et

$$(7)\qquad \left\{ \begin{aligned} v &= F(\theta) = \theta^{-\frac{1}{n-1}}, \\ f(\theta) &= \theta^{\frac{n}{n-1}}\left[1 + h_2\theta^{-\frac{2}{n-1}} + h_3\theta^{-\frac{3}{n-1}} + \ldots + h_{n-1}\theta^{-\frac{n-1}{n-1}}\right], \end{aligned} \right.$$

l'équation (5) devient l'équation algébrique (4). Cela permet de trouver les formules (2).

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Calcul des ponts circulaires, à travées continues, comportant deux contreventements et des entretoisements transversaux sur leurs appuis seulement.* Note de M. **Bertrand de Fontviolant.**

Dans trois Notes précédentes [1] nous avons traité du calcul des ponts circulaires. La première concerne les ponts à une seule travée, du type à un seul contreventement et à entretoisements transversaux sur toute leur longueur; la seconde, les ponts du même type, à travées continues; la troisième, les ponts à une seule travée, du type à deux contreventements et à entretoisements transversaux sur leurs appuis seulement. La présente Note concerne les ponts à travées continues de ce second type.

Conservant les notations et les définitions données dans les trois Notes précitées, nous établissons les formules générales

$$(A)\qquad M = \mu + M_{i-1}\frac{\sin(\gamma_i - \omega)}{\sin\gamma_i} + M_i\frac{\sin\omega}{\sin\gamma_i},$$

$$(B)\qquad S = \sigma + S_{i-1}\frac{\gamma_i - \omega}{\gamma_i} + S_i\frac{\omega}{\gamma_i},$$

$$(C)\qquad \frac{dM}{d\omega} = -M_{i-1}\frac{\cos(\gamma_i - \omega)}{\sin\gamma_i} + M_i\frac{\cos\omega}{\sin\gamma_i},$$

---

[1] *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 376 et 796, et t. 171, p. 1122.

qui sont d'ailleurs les mêmes que dans les ponts du premier type, bien que la définition du *moment composé* S diffère d'un type à l'autre.

Soient :

Ω'_a et Ω''_a les sections des âmes des deux poutres, si ces âmes sont pleines, ou bien, si elles sont en treillis, les sections d'âmes pleines présentant la même déformabilité que ces âmes en treillis sous l'influence de l'effort tranchant;

Ω_c et Ω'_c les quantités de même nature relatives au contreventement supérieur et au contreventement inférieur.

En exprimant, au moyen de l'équation générale de l'élasticité que, dans sa déformation élastique, une travée quelconque $A'_{i-1}A''_{i-1}A''_iA'_i$ est astreinte à rester en contact avec ses quatre appuis, nous obtenons la relation

$$\frac{r''}{\Omega'_a}\int_0^{\gamma_i}\mathrm{T}'\,d\omega+\frac{r'}{\Omega''_a}\int_0^{\gamma_i}\mathrm{T}''\,d\omega+\frac{ar}{b}\left(\frac{1}{\Omega_c}+\frac{1}{\Omega'_c}\right)\int_0^{\gamma_i}\mathrm{H}\,d\omega=0.$$

De cette relation et des deux relations générales (6) de notre troisième Note, et en posant successivement

$$(\mathrm{D})\qquad\left\{\begin{array}{llll}\Gamma=\dfrac{a^2}{b^2}\left(\dfrac{1}{\Omega_c}+\dfrac{1}{\Omega'_c}\right), & \Delta=\dfrac{1}{r}\left(\dfrac{r''^2}{r'\,\Omega'_a}+\dfrac{r'^2}{r''\,\Omega''_a}\right)+\Gamma, & & \\ \mathrm{A}'=\dfrac{1}{r''\,\Omega''_a\,\Delta}, & \mathrm{B}'=\dfrac{\Gamma}{r'\,\Delta}, & \mathrm{A}''=\dfrac{1}{r'\,\Omega'_a\,\Delta}, & \mathrm{B}''=\dfrac{\Gamma}{r''\,\Delta},\end{array}\right.$$

nous tirons les deux nouvelles formules générales

$$(\mathrm{E})\qquad\left\{\begin{array}{l}\mathrm{T}'=\theta'+\dfrac{\mathrm{A}'(\mathrm{S}_i-\mathrm{S}_{i-1})+\mathrm{B}'(\mathrm{M}'_i-\mathrm{M}'_{i-1})}{\gamma_i},\\ \mathrm{T}''=\theta''+\dfrac{\mathrm{A}''(\mathrm{S}_i-\mathrm{S}_{i-1})+\mathrm{B}''(\mathrm{M}''_i-\mathrm{M}''_{i-1})}{\gamma_i}.\end{array}\right.$$

D'autre part, en exprimant, encore au moyen de l'équation générale de l'élasticité, que les deux poutres sont continues sur deux appuis quelconques A'_i et A''_i, nous obtenons les deux relations suivantes, dans lesquelles $k=(r'-r''):2r$:

$$\frac{1}{\sin\gamma_i}\int_0^{\gamma_i}(\mathrm{S}-\mathrm{M})\sin\omega\,d\omega+\frac{1}{\sin\gamma_{i+1}}\int_0^{\gamma_{i+1}}(\mathrm{S}-\mathrm{M})\sin(\gamma_{i+1}-\omega)\,d\omega=0,$$

$$\frac{1}{\gamma_i}\int_0^{\gamma_i}[\mathrm{S}-\mathrm{M}(1-k^2)]\,\omega\,d\omega+\frac{1}{\gamma_{i+1}}\int_0^{\gamma_{i+1}}[\mathrm{S}-\mathrm{M}(1-k^2)](\gamma_{i+1}-\omega)\,d\omega=0.$$

Le remplacement de M et de S, dans ces deux relations, par leurs

expressions générales (A) et (B), donne les deux équations

$$(\text{F})\quad c_i S_{i-1} + (d_i + d_{i+1}) S_i + c_{i+1} S_{i+1} - \frac{1}{2}[a_i M_{i-1} + (b_i + b_{i+1}) M_i + a_{i+1} M_{i+1}] = G_{i,i+1},$$

$$(\text{G})\quad \frac{\gamma_i}{6} S_{i-1} + \frac{\gamma_i + \gamma_{i+1}}{3} S_i + \frac{\gamma_{i+1}}{6} S_{i+1} - (1-k^2)[c_i M_{i-1} + (d_i + d_{i+1}) M_i + c_{i+1} M_{i+1}] = H_{i,i+1},$$

où a_i, b_i, c_i, d_i ont les mêmes valeurs que dans les ponts du type à un seul contreventement et à entretoisements transversaux dans toute leur longueur [voir notre deuxième Note précitée (1)] et où $G_{i,i+1}$ et $H_{i,i+1}$ ont pour expressions

$$G_{i,i+1} = -\frac{1}{\sin\gamma_i}\int_0^{\gamma_i}(\sigma - \mu)\sin\omega\, d\omega - \frac{1}{\sin\gamma_{i+1}}\int_0^{\gamma_{i+1}}(\sigma - \mu)\sin(\gamma_{i+1} - \omega)\, d\omega,$$

$$H_{i,i+1} = -\frac{1}{\gamma_i}\int_0^{\gamma_i}[\sigma - \mu(1 - k^2)]\,\omega\, d\omega - \frac{1}{\gamma_{i+1}}\int_0^{\gamma_{i+1}}[\sigma - \mu(1 - k^2)](\gamma_{i+1} - \omega)\, d\omega.$$

Dès lors, la marche à suivre dans les applications est la suivante :

1° Faire successivement $i = 1, 2, \ldots, n-1$, dans les équations (F) et (G), en tenant compte de ce que M_0, S_0, M_n et S_n sont nuls, ce qui fournira un système de $2(n-1)$ équations qui feront connaître les $n-1$ moments de flexion du pont sur appuis et les $n-1$ moments composés sur appuis;

2° Calculer, pour autant de sections du pont qu'on le désirera, M, S et $\frac{dM}{d\omega}$, par les formules (A), (B) et (C);

3° Par les formules générales (3) de notre troisième Note, calculer les moments de flexion M' et M'' dans les sections des deux poutres et notamment dans les sections sur appuis; puis les efforts tranchants T' et T'' par les formules (E);

4° Déterminer les efforts tranchants H et H' dans les deux contreventements, par la formule générale (10) de notre troisième Note;

5° Calculer les actions tangentielles t', t'_1, t'', t''_1 et normales u', u'_1, u'', u''_1 exercées par les deux contreventements sur les deux poutres, par les formules générales (4) de notre troisième Note.

---

(1) Dans cette deuxième Note, au lieu de $b_i = \frac{\gamma_i}{\sin^2\gamma_i} - \frac{1}{\sin\gamma_i \operatorname{tang}\gamma_i}$, il faut $b_i = \frac{\gamma_i}{\sin^2\gamma_i} - \frac{1}{\operatorname{tang}\gamma_i}$.

ASTRONOMIE. — *Observation de la comète Skjellerup faite à l'Observatoire de Bordeaux (équatorial de* $0^m,38$). Note de M. **H. Godard**, présentée par M. B. Baillaud.

Date 1920.	☄ — ★. ΔR.	ΔP.	Nombre de compar.	Grandeur.
Déc. 17..............	$+4^m\,7^s,78$	$-0'.44'',3$	16:4	11,0

Position apparente de la comète.

Date 1920.	Temps moyen de Greenwich.	Ascension droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Distance polaire apparente.	Log. fact. parallaxe.
Déc. 17.....	$11^h.41^m.31^s,2$	$9^h.15^m.22^s,34$	$\bar{1},499_n$	$93^\circ.37'.42'',6$	$0,813_n$

Position de l'étoile de comparaison.

Gr.	Ascension droite moyenne.	Réduction au jour.	Distance polaire moyenne.	Réduction au jour.	Autorité.
8,5	$9^h.11^m.10^s,21$	$+4^s,35$	$93^\circ.38'.6'',1$	$+20'',8$	A.G. Strasbourg 3587

Remarque. — La comète est une nébulosité d'environ 1′ de diamètre, sans noyau apparent; grandeur 11,0. Ciel médiocre.

ASTRONOMIE. — *Observation de la comète Skjellerup faite à l'Observatoire de Marseille (équatorial Eichens, d'ouverture* $0^m,26$). Note de M. **Michkovitch**, présentée par M. B. Baillaud.

Date 1920.	Temps moyen de Marseille.	ΔR.	Δ℗.	Nombre de comp.	R apparente.	Log. fact. parall.	℗ apparente.	Log. fact. parall.
Déc. 20.....	$17^h.29^m.15^s$	$+0^m.43^s,43$	$-5'.39'',3$	18:7	$9^h.30^m.51^s,15$	9,314	$+0^\circ.58'.30'',2$	0,771

Position de l'étoile de comparaison.

★.	Gr.	R moyenne 1920,0.	Réduction au jour.	℗ moyenne 1920,0.	Réduction au jour.	Autorité.
1	9,3	$9^h.30^m.3^s,33$	$+4^s,39$	$+1^\circ.4'.34'',7$	$-25'',0$	Mü 4278

Remarque. — La nébulosité de la comète est circulaire, d'étendue 5^s-6^s. Pas de noyau nettement perceptible, toutefois une condensation centrale est bien prononcée. La comète est estimée de la grandeur 9,7-9,8. L'observation a été fortement gênée par une étoile de grandeur 8,4 se trouvant au voisinage immédiat de la comète.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Spectre de Nova Aquilæ III, en juillet* 1920. Note (¹) de MM. **Algot Hansson** et **Hans Jelstrup**, présentée par M. Deslandres.

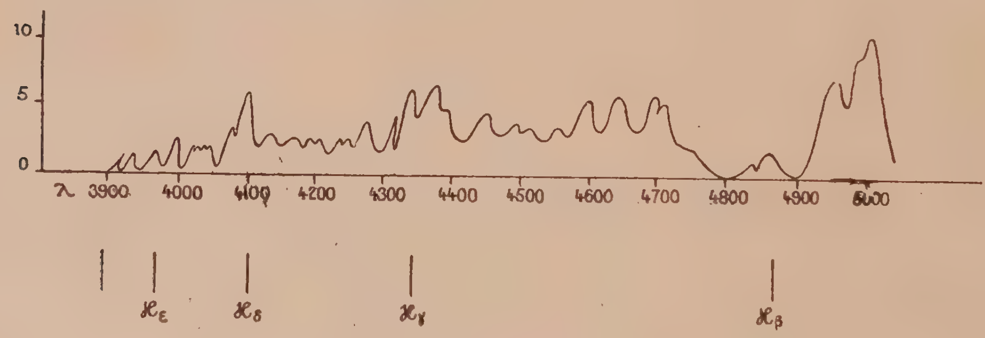
Avec une chambre prismatique très lumineuse de l'Observatoire de Meudon, nous avons obtenu en juillet 1920 deux spectrogrammes de l'étoile nouvelle de l'Aigle nº III, qui a eu son maximum d'éclat en 1918 et qui est maintenant à peu près de neuvième grandeur.

La chambre, fixée à l'équatorial dit du *huit-pouces*, est munie d'un prisme objectif et d'un miroir de $0^m,25$ d'ouverture et de $0^m,75$ de distance focale.

Le prisme fut réglé pour les rayons violets. Les plaques employées étaient les rapides de Wratten, sensibles pour bleu violet. Les spectrogrammes obtenus ont 1^{cm} de longueur, avec une distance entre H_β et H_γ de $3^{mm},7$.

Le spectre de comparaison est le spectre d'Altaïr, que nous avons obtenu très net et très fort, en laissant courir l'étoile quatre fois le long du fil de notre lunette, le mouvement d'horlogerie étant arrêté. Pour être sûr qu'aucun déplacement du prisme ou de la plaque ne pouvait rendre l'épreuve incertaine, nous avons laissé courir l'étoile deux fois avant et deux fois après la pose de Nova.

Le premier spectrogramme a été obtenu le 20 juillet après deux heures de pose, le deuxième fut pris la nuit suivante en posant un peu plus que une heure.



Courbe des intensités dans le spectre de Nova Aquilæ III, en juillet 1920.

Nos deux épreuves montrent un spectre continu assez faible avec un grand nombre de lignes d'émission, étroites ou larges, dont la plupart se confondent et sont difficiles à distinguer du spectre continu.

(¹) Séance du 6 décembre 1920.

Il est à remarquer que l'on a sur l'épreuve du 20 juillet, avec la pose la plus longue, les indications de toutes les lignes trouvées sur l'épreuve du 21 juillet, mais que l'identification en est seulement plus difficile.

Dans le Tableau ci-joint des longueurs d'onde, les lignes d'absorption sont mises en chiffres gras. Là où l'on a trois longueurs d'onde dans une accolade, la première et la dernière représentent les deux bords, et celle du centre le maximum approximatif d'intensité de la ligne. Les nombres entre parenthèses donnent l'intensité de 0 à 10.

Bandes d'émission dans le spectre de Nova Aquilæ III

(20-21 juillet 1920).

20/7 (2 heures).		21/7 (1 heure).	Notes.
3931	(2)	3933	**3932** (1) Ti; **3934** Ca (= K)
		3963	
3970	(2)	3970	**3970** (10) H_ε; **3969** Ca (= H)
		3975	
3991	(3)	3994	**3995** (4) N (γ Orionis)
4017	(2)		**4009** (6) He? (γ Orionis)
	(2)	4033	**4026** (8) He (γ Orionis)
	(2)	4043	
4048	(2)	4049	**4046** Fe (le Soleil)
	(2)	4058	
4083	(3)		
4096		4090	
4104	(6)	4101	**4102** (10) H_δ
4110		4116	
4127	(4)		
4149			**4144** (7) He (γ Orionis)
4157	(3)		**4169** (3) He (γ Orionis)
4177			**4167** Ligne des nébuleuses
4817	(3)		**4185** (0) Fe (α Cygni)
4199	(3)		**4199** (1) Fe (α Cygni)
4208	(3)	4203	**4205** (1) (γ Orionis)
4235	(3)	4236	
		4246	
4261	(4)	4261	4265 Ligne des nébuleuses
4284		4285	
	(4)	4306	
4328		4334	
4341	(7)	4343	**4341** (10) H_γ
4358		4358	

20/7 (2 heures).		21/7 (1 heure).	Notes.
4374		4368	4363 Ligne des nébuleuses
	(7)	4385	4388 (6) H_e (γ Orionis)
4398		4398	
		4442	
	(5)	4453	
		4462	4472 (8) H_e (γ Orionis)
	(4)	4489	
	(4)	4511	
	(4)	4552	4553 S_i (γ Orionis)
		4591	
4605	(6)	4601	
		4613	
4622		4623	
4645	(6)	4647	4640 Ligne des nébuleuses
4659		4670	
4682		4684	4686 Ligne des nébuleuses
4695	(6)	4695	
4706		4706	
4832	(1)		
4851		4839	
4864	(2)	4863	4862 (10) H_β
4869		4881	
4926		4945	4922 (5) H_e (γ Orionis)
4946	(7)	4960	4959 Ligne des nébuleuses
4959		4971	
4979		4989	5007 Ligne des nébuleuses
5005	(10)	5012	
5025		5029	

Le spectre continu se trouve seulement entre λ4800 et λ4000.

Il y a une faible indication d'une ligne d'absorption sur le cliché de 20 juillet près de λ4224, mais cette ligne est peut-être seulement un espace moins lumineux entre deux bandes d'émission très faibles.

Quand on fait la comparaison avec les spectres antérieurs de Nova Aquilæ III, on remarque que les lignes des nébuleuses ont augmenté leur intensité, et que le contraire a eu lieu avec les autres lignes.

Les larges lignes de l'hydrogène et les lignes des nébuleuses ont à peu près conservé leur largeur de juillet 1918. Les premières de ces lignes avaient alors une division en trois maxima distincts; cette division est maintenant disparue. Il reste seulement une large bande sans maximum prononcé.

RELATIVITÉ. — *Remarque sur la théorie de Lorentz comparée à celle de Mie.* Note de M. **Léon Bloch**, présentée par M. E. Bouty.

Le trait caractéristique de la théorie de Mie-Hilbert ([1]) est que l'on connaît bien la forme explicite de δL (variation de l'action totale), mais non pas celle de L. Cette fonction intervient à l'état d'inconnue formelle dans l'expression des tensions T_a^b.

La théorie de Fokker-Lorentz ([2]), moins générale que la précédente, est présentée d'ordinaire comme exempte de l'indétermination qui vient d'être signalée ([3]). Elle part d'une forme explicite de l'intégrale d'action, considérée comme somme de contributions matérielle (R), électrostatique (S), électromagnétique (M) et gravifique (H). Par application du principe d'Hamilton, elle aboutit à l'énoncé précis des lois de l'Électromagnétisme et de la Gravitation.

Il nous semble que la théorie de Fokker-Lorentz ne conduit à des résultats cohérents que si l'on soumet l'intégrale d'action à une variation complète. Mais une telle variation ne peut, en général, s'effectuer explicitement, et l'on retombe sur le même inconvénient que dans la théorie de Mie-Hilbert.

Pour le montrer, partons, par exemple, des équations du champ de gravitation [éq. (6) de Fokker]:

$$G_{ab} - \frac{1}{2} g_{ab} G = -\varkappa(T_{ab} + E_{ab}). \tag{1}$$

On sait que le premier membre représente un tenseur qui, rapporté à ses composantes mixtes, possède une divergence (généralisée) identiquement nulle. L'équation (1) entraîne donc nécessairement

$$\operatorname{div}(T_a^b + E_a^b) = 0. \tag{2}$$

D'autre part, Fokker établit (éq. 19) les lois générales de conservation sous la forme

$$\operatorname{div}(T_a^b + E_a^b) - k_a = 0 \tag{3}$$

([1]) V. H. Weyl, *Raum-Zeit-Materie*, 3e édition, p. 176.

([2]) Cf. Fokker, *Proc. Amst.*, 1917, p. 968.

([3]) Weyl, *op. cit.*, p. 182.

(k désignant la force), *et cette condition est formellement incompatible avec la précédente*.

Il semble que, si l'on donne aux tenseurs T_{ab} et E_{ab} la signification indiquée par Fokker, les formules (3) soient physiquement correctes.

Mais alors on ne peut, sous les mêmes conditions, laisser aux équations du champ de gravitation la forme (1).

Pour retrouver l'accord, il faudrait connaître en fonction des g_{ab} l'expression de l'action électrostatique $S = \int w^a \varphi_a dx_1 dx_2 dx_3 dx_4$, dont Fokker, dans le calcul qui le conduit à (1), suppose *a priori* la variation nulle. Nous pensons au contraire qu'il faut faire intervenir dans la variation de l'action totale, par rapport aux g_{ab}, un terme provenant de cette intégrale. Mais pour le calcul de ce terme, nous nous heurtons à la difficulté d'une fonction formellement inconnue, comme dans la théorie de Mie.

Si cette fonction était connue, le calcul effectif des variations permettrait de faire correspondre à la pression de cohésion (dont l'action est S) un tenseur Θ_{ab} *équivalent*, qui venant s'ajouter dans (1) aux T_{ab} et E_{ab} rétablirait l'exactitude de la formule (3) sans changer la forme des lois de gravitation.

On retombe alors exactement sur la théorie de Mie-Hilbert, dont celle de Fokker-Lorentz ne diffère en rien.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les variations avec la température de la conductibilité du sulfure de calcium*. Note de M. **P. Vaillant**, présentée par M. J. Violle.

Lorsqu'on chauffe une couche mince de CaS, préalablement insolée, sa conductibilité augmente rapidement, passe par un maximum très aigu, puis décroît jusqu'à devenir pratiquement nulle. Le gradient conductibilité-température est d'autant plus grand, le maximum d'autant plus élevé que l'échauffement est plus rapide. Le phénomène est bien lié à l'état de phosphorescence, car, si on laisse refroidir avant que la conductibilité soit tombée à zéro, puis que l'on chauffe à nouveau, on observe des variations beaucoup plus faibles et un maximum beaucoup moins élevé.

Dans les Tableaux qui suivent, n représente le temps compté en prenant pour unité 46,4 secondes [1], T la température centigrade, c la conductibilité en unités arbitraires :

---

[1] Le choix de cette unité était imposé par la méthode de mesure employée : une batterie de piles charge, à travers la résistance inconnue, un condensateur pendant un

Premier chauffage.

n..........	0	30	50
T..........	27,3	73,8	82,5
c..........	43	47400 (max.)	41

Second chauffage.

n..........	0	20	40
T..........	27,4	70,2	93,4
c..........	17	531 (max.)	46

L'étude quantitative du phénomène est difficile, car il paraît dépendre des circonstances de fabrication de la couche de sulfure, de la durée et de l'intensité de l'insolation, et du temps écoulé entre cette insolation et le début du chauffage. Il est cependant possible d'obtenir des résultats concordants en opérant sur des couches fortement insolées et en attendant, pour procéder au chauffage, que la conductibilité soit devenue quasi stationnaire (¹).

L'accroissement de température produit sur la conductibilité du sulfure deux effets : il fait varier sa valeur instantanée (²) et augmente son taux de variation avec le temps. Pour étudier le premier effet indépendamment du second, il faut réaliser un échauffement assez rapide pour rendre l'influence de la déperdition négligeable. On y arrive très approximativement de la façon suivante. Sur une mince feuille de mica sont collées deux bandes d'étain qui laissent entre elles une fente étroite qu'on recouvre de sulfure agglutiné avec de la colle (³). A l'intérieur de la fente, pénètre à travers le mica la soudure du couple qui sert à l'évaluation des températures. Après séchage et insolation de la couche, la lame de mica est serrée entre deux feuilles d'amiante sur lesquelles on enroule un fil de ferro-nickel que traverse un courant. La capacité calorifique du système est très petite et, en quelques minutes, on peut lui faire parcourir un cycle fermé de températures entre

---

temps t déterminé, puis le décharge dans un balistique; l'intervalle entre deux décharges consécutives, donné par la durée de révolution d'un contact tournant qu'entraîne un moteur synchrone, était de 46,4 secondes.

(¹) La conductibilité, après retour à l'obscurité à température constante, croît d'abord jusqu'à un maximum, puis décroît après un palier très étendu où elle reste sensiblement constante (voir *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 713).

(²) Que la température agit sur la valeur instantanée de la conductibilité résulte immédiatement du fait que celle-ci augmente avec la température. Il est évident que si la température n'agissait que sur le facteur de déperdition, la conductibilité devrait diminuer de plus en plus vite à mesure que le sulfure s'échaufferait davantage.

(³) La colle a uniquement pour but d'immobiliser le sulfure sur les électrodes et d'éviter l'emploi d'un dispositif de compression, obligatoire dans le cas du sulfure pulvérulent. Il résulte de très nombreuses expériences de comparaison que son influence sur les lois du phénomène étudié est complètement négligeable.

des limites très étendues. Il est, d'autre part, possible, en réglant convenablement le courant de chauffe, d'arriver rapidement à une température déterminée et de maintenir ensuite celle-ci constante, à $\frac{1}{10}$ de degré près, pendant un temps suffisant pour suivre la loi de déperdition à la température considérée.

Cela posé, si l'on fait se succéder un échauffement et un refroidissement suffisamment rapides, à condition de rester en deçà de la conductibilité maxima, on constate que les deux branches ascendante et descendante de la courbe en c, T se superposent à l'ordre de précision des mesures. C'est ce qu'on peut, en particulier, vérifier sur le Tableau suivant :

T.	c.	c'.	T.	c.	c'.
18,5	13	13	56,2	1495	1473
22,6	20	21	57,5	1820	1959
33,2	75	78	54,0	1200	1161
40,6	209	209	41,4	234	234
46,0	425	422	31,8	65	66
49,8	684	682	25,2	28	29
52,3	960	934	20,8	16	16
54,6	1230	1254	18,7	13	13

On peut donc admettre que, dans les conditions où l'on a opéré, le temps n'est pas intervenu dans les variations observées. Or, si l'on construit, d'après les données du Tableau, la courbe en Log c et T, on se rend compte que cette courbe est très approximativement une droite. On a

$$c = 1,17\, e^{0,130\,\mathrm{T}}. \qquad (1)$$

Les c' du Tableau représentent les valeurs de c calculées d'après cette formule.

Si, d'autre part, on suit les variations de c avec le temps à diverses températures, on constate, pour chaque température observée, une variation sensiblement exponentielle, c'est-à-dire de la forme $c = c_0 e^{-bt}$, le coefficient de déperdition b étant lui-même une fonction linéaire de la température.

T	0.	23,6.	28,2.	32,9.	38,2.	46,3.	54,6.	65,2.
b	(−0,0110)	0,0110	0,0174	0,0230	0,0308	0,0406	0,0492	0,0650
b'	(−0,0196)	0,0110	0,0172	0,0236	0,0306	0,0410	0,0516	0,0650

Dans ce Tableau les b ont été calculés en prenant pour unité de temps la minute et les b' sont les valeurs de b qu'on tire de la formule

$$b = 0,00130(\mathrm{T} - 15,1) \qquad (2)$$

qui indique, à la température de 15°,1, qu'il y a inversion dans le sens des variations avec le temps.

L'ensemble des résultats qui précèdent peut s'interpréter par une relation de la forme

$$c = c_0 e^{\beta(T-T_0)\left(1-\frac{t}{t_0}\right)}, \tag{3}$$

c_0, t_0, T_0 et β étant des constantes qui, dans l'exemple cité, ont respectivement les valeurs

$$c_0 = 8{,}33, \qquad t_0 = 100, \qquad T_0 = 15{,}1, \qquad \beta = 0{,}130.$$

Mais il est essentiel de remarquer que les résultats indiqués ne se vérifient qu'autant que l'ensemble des déterminations est conduit assez rapidement pour que la déperdition totale reste faible, c'est-à-dire pour que l'expérience terminée et le sulfure ramené à sa température initiale, sa conductibilité soit du même ordre de grandeur qu'au début. Ceci revient encore à dire que les constantes c_0, t_0, T_0 doivent elles-mêmes être considérées comme fonctions du temps.

RADIOGRAPHIE. — *De la détermination du temps de pose.* Note de MM. G. **Contremoulins** et E. **Puthomme**, présentée par M. G. Lippmann.

Pour compléter l'étude des conditions les plus favorables à l'obtention de clichés comparables, nous avons cherché à établir une relation exprimant la variation qu'il convient d'apporter au temps de pose, lorsqu'on modifie le régime du tube. Il nous avait été facile de constater que, toutes choses égales d'ailleurs, l'augmentation progressive du pouvoir pénétrant des radiations imposait une réduction du temps de pose qui s'accentuait très rapidement et permettait, avec de faibles intensités, d'exécuter des radiographies rapides.

L'emploi de l'ampoule Coolidge nous a permis, en généralisant les résultats auxquels nous avions été conduits par l'emploi des tubes à osmo-régulateur, sous le contrôle permanent du radiosclèromètre de M. P. Villard, d'établir une formule qui comporte, en pratique, une suffisante précision.

En appelant l la longueur d'étincelle équivalente exprimée en centimètres, E l'épaisseur du sujet à l'incidence normale et t le temps de pose en secondes, l'équation suivante exprime la relation cherchée :

$$t = E^2 e^{-l(1-K)}, \tag{1}$$

l étant la variable et K une constante qui dépend de l'installation.

Nous ne faisons pas figurer dans cette formule le facteur quantité, parce que nos expériences n'ont porté que sur de faibles intensités : 1 à 10 milli ; cependant, entre ces limites, très voisines, il intervient comme un coefficient.

Mais l'action révélatrice de développement, en s'exerçant sur la couche sensible dont la durée d'impression aux rayons X a été définie par cette équation, se manifeste différemment suivant la valeur de l, et comme il faut, pratiquement, utiliser un développement unique, il convient d'apporter dans l'application un certain tempérament à la formule (1) afin d'éviter l'exagération des contrastes pour l assez faible ou leur trop grande atténuation pour l suffisamment élevée. Il faut également tenir compte de la variation que subit l'action transformatrice des écrans renforçateurs suivant les radiations utilisées.

Pour satisfaire à ces desiderata, nous avons reconnu qu'il fallait déterminer l en fonction de l'épaisseur, de manière à maintenir le temps de pose entre des limites peu éloignées, quelle que soit la variation d'épaisseur présentée par les sujets.

La formule suivante, dans laquelle m est le rapport des épaisseurs et α la différence des valeurs correspondantes de l, nous a donné satisfaction :

$$m^2 = e^{\alpha(1-K')}, \tag{2}$$

le correcteur K′ dépendant du mode d'action du révélateur adopté.

Le Tableau ci-dessous, que nous donnons à titre d'exemple, indique le temps de pose pour l'examen du tronc d'un sujet faisant à l'incidence normale 20^{cm} d'épaisseur, le débit du tube étant de 8^{mm} (les écrans renforçateurs utilisés réduisant au $\frac{1}{20}$) :

l (en centimètres)...	8	9	10	11	12	13	14	15
t (en secondes)......	65	42	20	12	7	5	3	2

L'application de ces données permet de réaliser un dispositif reliant l'échelle du spintermètre à une règle à calculs, par exemple, à l'aide duquel la détermination du temps de pose pour un régime donné, ou inversement, celle du régime convenant à un temps de pose donné, sont obtenues mécaniquement.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la composition de quelques gaz de fours à coke.* Note de MM. P. **Lebeau** et A. **Damiens**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous avons décrit antérieurement (¹) un procédé permettant de déterminer la composition d'un mélange gazeux complexe, et plus particulièrement les proportions relatives d'hydrocarbures, saturés ou non, qui peuvent s'y rencontrer.

En appliquant cette méthode à l'examen de gaz de fours à coke, nous avons obtenu les résultats consignés dans le Tableau ci-dessous :

	N° 1.	N° 2.	N° 3. 1er essai.	N° 3. 2e essai.	N° 4.
Oxygène	0	0	0		0,69
Oxyde de carbone	7,39	6,41	6,87		6,39
Hydrogène	40,63	43,01	33,30		44,00
Azote	20,37	18,01	8,06		19,36
Absorbable par la potasse (CO^2)	3,07	2,79	4,35		3,15
Méthane	25,63	27,04	41,34		23,57
Ethane	0,69	0,91	1,64		0,45
Propane (²)	0,02	0,06	0,22		0,07
Carbures acétyléniques	0,06	0,07	0,09		0,07
Propylène et homologues	0,11	0,08	0,09		0,07
Ethylène	1,47	1,09	3,68	3,35	1,70
Non dosé (vapeur, eau, benzène, etc.)	0,56	0,53	0,36		0,48

Les échantillons nos 1 et 2 nous ont été envoyés par la Société Schneider et Cie, au Creusot. D'après les informations fournies, le n° 1, prélevé le 20 décembre 1919, résulte de la cokéfaction d'un mélange de charbons renfermant :

	Pour 100.
Decize	33
Menu Durham	24
Demi-gras Montceau et Creusot	30
Anthracite Montceau	13

(¹) P. Lebeau et A. Damiens, *Annales de Chimie*, 9e série, t. 8, 1917, p. 221.

(²) L'isobutane n'a pu être dosé, sa proportion étant trop faible dans les quantités de gaz dont nous disposions, mais sa présence a été constatée qualitativement au cours des combustions du produit de queue de la distillation fractionnée des carbures saturés.

Pour le n° 2, prélevé le 23 décembre, le mélange des houilles comprenait :

	Pour 100.
Demi-gras Monceau et Creusot	28,8
Gras Ruhr	32,2
Gras Durham	23,9
Anthracite	15,1

Le gaz n° 3 nous a été adressé par la Société des mines de houille de Blanzy, à Montceau-les-Mines. La houille employée présentait les caractéristiques suivantes :

	Pour 100.
Carbone	58,24
Matières volatiles	32,20
Cendres	9,56

Enfin le gaz n° 4 a été prélevé aux fours à coke de la Société normande de Métallurgie, à Caen, dans la période d'essai des fours; nous n'avons pas d'indication sur la nature des houilles utilisées.

La température approximative des fours, lors des prélèvements était de 950° pour les n°s 1, 2 et 3, et de 1000° pour le n° 4.

Par l'examen de ces résultats, on peut constater que la composition des gaz de fours à coke se différencie de celle trouvée antérieurement pour le gaz d'éclairage, par des proportions plus faibles d'hydrogène et au contraire nettement plus élevées d'azote, surtout pour les échantillons 1, 2 et 4. En ce qui concerne les hydrocarbures, nous relevons dans un cas une proportion beaucoup plus élevée de méthane, et ce même gaz n° 3 est particulièrement riche en éthylène. En outre, on constate que ces gaz ne contiennent sensiblement pas de benzol.

Observations de M. **Henry Le Chatelier** *sur la Communication précédente.*

Les analyses de MM. Lebeau et Damiens confirment ce fait, malheureusement trop connu, que les gaz de fours à coke renferment une forte portion d'azote, de 10 à 20 pour 100, quand la distillation de la houille ne peut guère en fournir plus de 1 pour 100. Ces expériences font connaître de plus un fait très important : la disparition corrélative d'une partie de l'éthylène et de la majeure partie du benzol, c'est-à-dire des deux constituants les plus intéressants du gaz, utilisables soit pour la synthèse de l'alcool, soit pour la préparation des carburants de moteurs.

Cet azote provient de la pénétration de l'air dans les chambres de distillation; l'oxygène qui l'accompagne nécessairement ne paraît plus à l'analyse, il a donc servi à oxyder quelques-uns des éléments constitutifs du gaz, peut-être l'éthylène et le benzol. Il serait très intéressant de savoir comment se font les réactions d'oxydation dans un mélange de gaz et d'air chauffé progressivement à des températures croissantes, entre 200° et 500°, c'est-à-dire au-dessous des températures de combustion vive.

Cette pénétration de l'air tient à la mauvaise qualité des matériaux réfractaires généralement employés à la construction des fours à coke. Dans les anciens procédés de distillation, où l'on brûlait la totalité du gaz produit par la houille, les communications directes entre les chambres et les carneaux de chauffage n'avaient pas grand inconvénient. Il n'en va plus de même aujourd'hui, où les fours à récupération permettent de recueillir une partie des sous-produits de la distillation de la houille : goudrons et gaz, parfois même la totalité, quand on chauffe les fours avec du gaz pauvre de gazogène ou de haut fourneau.

On peut heureusement réduire notablement la perméabilité des maçonneries en y remplaçant les briques alumineuses par des briques siliceuses, qui ne prennent pas de retrait aux températures élevées.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrogénation catalytique de la subérone.* Note de M. **Marcel Godchot**, présentée par M. Haller.

En hydrogénant par leur méthode catalytique au nickel un grand nombre de cétones aussi bien aliphatiques que cycliques, MM. Sabatier et Senderens ont obtenu l'alcool secondaire correspondant; la cyclohexanone, par exemple, leur a donné le cyclohexanol. En collaboration avec M. Taboury [1], j'ai montré que la cyclopentanone fournissait le cyclopentanol, mélangé à une quantité assez importante d'α-cyclopentyl-cyclopentanone. Il m'a paru intéressant de rechercher comment se comporterait dans cette hydrogénation la subérone, cétone cyclique en C^7, $\begin{matrix} CH^2-CH^2-CH^2 \\ | \\ CH^2-CH^2-CH^2 \end{matrix}\!\!>\!CO$ et cette Note a pour but de résumer les résultats obtenus.

La subérone, qui m'a servi de matière première, a été obtenue en partant de l'acide

---

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, 8e série, 1912, p. 41.

subérique préparé, suivant le procédé de Markownikoff [1], par oxydation de l'huile de ricin au moyen de l'acide nitrique. Cet acide subérique, purifié en suivant les indications de MM. Blaise et Kœhler [2], fondait à 140°. Pour le transformer en subérone, j'ai essayé l'application à cet acide du procédé catalytique à l'oxyde manganeux, institué par MM. Sabatier et Mailhe [3], procédé qui, en particulier, avait permis à ces chimistes d'obtenir facilement le cyclopentanone en partant de l'acide adipique. Mes essais ne m'ont donné aucun résultat satisfaisant, l'acide subérique se décomposant trop profondément à la température de 400°. En chauffant au contraire le subérate de chaux, finement pulvérisé et par petites portions, dans un tube placé dans un four horizontal chauffé électriquement et en opérant sous pression réduite (10^{mm} de mercure), on obtient, à la température de 375°-400°, un rendement assez satisfaisant en subérose. 200^{g} d'acide spbérique m'ont ainsi fourni 60^{g} de subérone brute qui, par purification à l'aide de la combinaison bisulfitique, ont donné 45^{g} de subérone pure, bouillant à 180°. Le rendement est donc à peu près égal à 30 pour 100 du rendement théorique.

Soumise à l'action du nickel réduit et de l'hydrogène, à la température de 175°, la subérone s'est transformée presque intégralement en subérol,

$$\begin{array}{l} CH^2 - CH^2 - CH^2 \\ | \qquad\qquad\qquad\qquad\quad \rangle CHOH; \\ CH^2 - CH^2 - CH^2 \end{array}$$

on élimine facilement le peu de cétone ayant échappé à l'hydrogénation par un traitement à l'aide du bisulfite de soude. Le subérol constitue un liquide, bouillant à 184°, ayant pour densité, à la température de 15°, 0,9584; sa phényluréthane se présente sous la forme de belles tables, incolores, fusibles à 85°. Le subérol avait été déjà décrit par Markoniwkoff [4], ainsi que sa phényluréthane, et les constantes indiquées par ce chimiste pour ces deux composés s'accordent parfaitement avec celles retrouvées par nous.

Willstœtter et Tokukéi Kamekata [5] ayant signalé, en 1908, que le cycloheptane s'isomérisait partiellement en méthylcyclohexane, lorsqu'on soumettait ce carbure à l'action du nickel réduit et de l'hydrogène, à la température de 235°, il m'a paru dès lors intéressant de rechercher si la subérone, dans les mêmes conditions, ne donnerait pas de l'*o*-méthylcyclohexanone ou de l'*o*-méthylcyclohexanol ou le mélange des deux.

(1) *Berichte der Deutsche Chemische Gesels.*, t. 26, p. 3089.

(2) *Comptes rendus*, 1914, p. 985.

(3) *Bulletin de la Société chimique de France*, 1909, p. 689.

(4) *Berichte der Deutsche Chem. Gesellsch.*, t. 41, p. 1480.

(5) *Journal für praktische Chemie*, t. 49-50, p. 413.

En soumettant à la catalyse de la subérone et en opérant à la température de 240°, on constate, au début de l'opération, lorsque le nickel est à son maximum d'activité, la formation d'une petite quantité d'eau et de carbure, ce dernier étant en quantité trop faible pour être identifié ; puis on recueille un produit qui, distillé, bout aux environs de 178°-182° et qui est constitué par un mélange de subérone et de subérol, facile à séparer en ses constituants à l'aide du bisulfite de sodium, ces derniers étant ensuite identifiés l'un au moyen de sa semicarbazone (point de fusion 163°-164°), et l'autre par sa phényluréthane (point de fusion 85°). Dans cette expérience, à 240°, la proportion de subérone est plus importante que celle constatée en opérant à 175° ; ce fait s'accorde très bien avec ceux signalés par les savants auteurs de la méthode d'hydrogénation au nickel. Il résulte donc de nos recherches que la subérone ne s'est pas isomérisée, à 240°, pour donner une chaîne cyclique en C^6.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur la présence des genres* Phragmites *Trin. et* Nephrodium *L.-C. Rich. dans les argiles pléistocènes de Benenitra* (*Madagascar*). Note de M. **P.-H. Fritel**, présentée par M. Costantin.

A son envoi de grès à *Gangamopteris* de l'Ankazomanga, dont j'ai parlé il y a peu de temps, M. Perrier de la Bâthie avait joint une série d'empreintes de plantes fossiles provenant de Benenitra, sud de Madagascar.

Ces empreintes sont contenues dans une argile grise dont la puissance peut atteindre une quarantaine de mètres.

A la base du dépôt, cette argile devient noirâtre, légèrement ligniteuse et feuilletée; elle se délite à l'air en libérant des débris végétaux dont M. Perrier de la Bâthie a parfaitement reconnu la nature : ce sont des fibres brunes, provenant de fougères en décomposition, et des fragments de rhizomes et de tiges de *Phragmites*, se présentant sous forme de minces lanières charbonneuses et cassantes.

Bien que répandues à profusion dans l'argile grise mentionnée ci-dessus et à laquelle elles donnent, par leur superposition, un aspect feuilleté, ces empreintes sont peu variées. Les plus communes appartiennent à des portions de rhizomes, de tiges et de feuilles du *Phragmites communis* L., plante répandue encore, à l'époque actuelle, dans les marécages de la grande île; les autres, beaucoup moins nombreuses, résultent de la fossilisation de fragments de frondes du *Nephrodium* (*Aspidium*) *unitum* R. Brown (non

Sieber) = *Dryopteris gongyloides* Christ., qui se rencontre aujourd'hui dans les stations palustres de Madagascar.

Par leurs proportions, et en tenant compte de la déformation résultant de l'écrasement, les rhizomes et les tiges du *Phragmites* fossile sont absolument identiques aux organes de l'espèce vivante. Le *Nephrodium* n'est représenté que par des fragments de pennes de faibles dimensions, les plus grandes ne comportant que 14 à 18 paires de pinnules; en général la nervation est nettement conservée, mais je n'ai rencontré, jusqu'ici, dans l'envoi de M. Perrier de la Bâthie que des pennes stériles.

L'accumulation de ces débris donne naissance à la base du dépôt, à l'argile noire citée plus haut. La valeur économique de cette argile ligniteuse est nulle, contrairement à l'opinion émise par quelques personnes qui, les comparant, à tort, aux minces couches charbonneuses qui accompagnent les grès schisteux permiens de l'Ankazomanga, ont cru à la possibilité de rencontrer un combustible, pratiquement utilisable, au sein des argiles de Benenitra.

Pour M. Perrier de la Bâthie, les argiles de Benenitra sont de formation relativement récente et d'âge pléistocène tout au plus. Il est néanmoins intéressant d'y constater la présence de plantes vivant encore dans les mêmes lieux et dont l'aire de dispersion actuelle est très vaste. Celle du *Phragmites communis* L. s'étend, pour ainsi dire, sur tous les continents, et le *Nephrodium unitum* se rencontre aussi bien en Floride et aux Antilles, qu'au Brésil et au Pérou, il se retrouve dans l'Himalaya, en Australie, en Nouvelle-Zélande et en Afrique où sa limite de végétation peut atteindre jusqu'au sud de l'Algérie.

La présence de ces deux espèces dans les argiles de Benenitra peut être considérée, semble-t-il, comme un argument en faveur de l'opinion suivant laquelle Madagascar aurait été réunie au continent africain durant la période quaternaire.

MÉTÉOROLOGIE. — *L'action solaire et les récents troubles de l'atmosphère.* Note de M. **Albert Nodon**, présentée par M. Bigourdan.

Il s'est produit, pendant ce mois de décembre 1920, des variations considérables dans la température et dans l'état de l'atmosphère, qui semblent étroitement liées à des troubles solaires et électromagnétiques correspondants.

Au début du mois de décembre, il existait un gros *foyer solaire*, calme, dont le passage correspondit avec une période de temps doux et beau. Le 6, ce foyer disparut lentement au bord Ouest, entraîné par le mouvement de rotation de l'astre. Aucun autre foyer solaire important ne se montra du 6 au 17; la température s'abaissa progressivement après la disparition du foyer. Le 17 décembre, il se produisit brusquement trois nouveaux foyers importants, dont deux au voisinage du méridien central et un autre dans la région Est.

Leur formation fut aussitôt suivie de violents troubles magnétiques et électriques, de cyclones et de sismes très intenses, sur diverses parties du globe, en particulier dans le Pacifique Nord. Il résulta de cette perturbation subite la formation de violents courants atmosphériques dont la circulation de retour, se dirigeant du pôle de froid au foyer de chaleur, balaya l'Europe d'un courant d'air glacial, qui provoqua, du 17 au 19 décembre, un abaissement considérable de la température, accompagné de neiges abondantes.

Ces phénomènes ne furent que passagers, car, dès le 21, le gros foyer du 6 revenait au bord Est, après une demi-rotation solaire, et provoquait aussitôt une rapide élévation de température. L'action de ce foyer, s'ajoutant à celle des foyers précédents, eut pour résultat immédiat de produire un retour au temps tiède et humide et au régime de vents d'ouest, accompagnés de pluies. Il résulta de ces troubles successifs une variation de température de plus de 20° C. dans l'espace de quelques jours.

Le magnétomètre et l'électromètre accusèrent des variations rapides pendant toute la durée de cette période troublée.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur l'assimilation du gaz carbonique par les plantes vertes.* Note de M. **P. Mazé**, présentée par M. Roux.

Quand on soumet à la distillation les feuilles vertes cueillies au soleil, on constate que le liquide distillé renferme des corps aldéhydiques.

La formation de ces corps a été attribuée à la fonction chlorophyllienne et quelques auteurs, pensant avoir réussi à caractériser parmi eux l'aldéhyde formique, ont vu dans leurs résultats une confirmation de l'hypothèse de Bayer et Berthelot sur la synthèse des sucres par les feuilles vertes.

J'ai tenté à différentes reprises de donner une base expérimentale à cette hypothèse en faisant absorber à des plants de maïs cultivés en milieu aseptique des solutions minérales nourricières additionnées de 1^g ou 2^g d'alcoo

méthylique par litre. Mais cette méthode ne conduit pas à des conclusions favorables à l'hypothèse en question [1].

J'ai porté d'autre part mes investigations sur le travail chimique qui s'accomplit dans les feuilles vertes; ces recherches ont donné des résultats que je vais résumer brièvement.

Cueillies sous les conditions atmosphériques les plus variées, les feuilles sont distillées immédiatement sans adjonction d'eau, sous pression réduite à la température de 60° (température du bain-marie).

Le liquide distillé est recueilli dans un récipient plongeant dans la glace fondante et muni d'un réfrigérant à reflux refroidi à l'eau glacée dans le but de prévenir l'entraînement de toute trace de substance volatile.

On a traité de cette façon les feuilles des espèces suivantes : chêne, marronnier d'Inde, sycomore, tilleul, peuplier, ailante, sureau, fusain, troène, lilas, rosier, vigne, trèfle blanc, luzerne, pois, haricot, maïs, ray-grass, betterave, topinambour, dahlia, pissenlit, chrysanthème, laitue, carotte, céleri, chou, pomme de terre, morille noire.

On peut caractériser, chez presque toutes ces espèces végétales, l'alcool éthylique, l'aldéhyde acétique et l'acide nitreux; je n'ai jamais réussi à mettre l'aldéhyde formique en évidence, mais je suis parvenu à déterminer quelques autres corps qui n'avaient pas été signalés jusqu'ici : ces corps existent en quantités sensibles dans les feuilles de maïs, de haricot, de pois, de sureau et de peuplier.

Les feuilles de haricot et de maïs renferment par temps très beau de l'acétylméthylcarbinol, celles de sureau de l'acide cyanhydrique libre et de l'aldéhyde glycolique, celles de peuplier de l'aldéhyde lactique et un corps qui donne par oxydation de l'acide propionique; le distillat fourni par ces dernières brunit un milieu alcalin.

Ces corps ont été déterminés par les réactions suivantes :

Acétylméthylcarbinol ($CH^3 - CHOH - CO - CH^3$). — Réduit la liqueur de Fehling, donne la réaction de Legal, forme de l'iodoforme à froid et instantanément en présence de quelques gouttes de lessive de soude et d'une paillette d'iode. Donne à 100° une oxazone insoluble dans l'alcool, fondant à 243°-244°. Forme du diacétyle à 100° par oxydation au moyen du chlorure ferrique, facile à caractériser suivant la réaction donnée par M. Lemoyne [2].

Toutes ces réactions se produisent sans concentration préalable avec les deux der-

---

(1) P. Mazé, *Chlorose toxique du maïs* (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 79, 1916, p, 1059).

(2) *Réaction spécifique du 2-3 butylèneglycol et de l'acétylméthylcarbinol produits de la fermentation butylèneglycolique* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 132).

niers tiers du liquide distillé fourni par des feuilles cueillies par très beau temps vers 17 heures. La concentration de l'acétylméthylcarbinol y atteint l'ordre des dix-millièmes.

Acide cyanhydrique. — Odeur caractéristique. Dissolution immédiate de l'iodure d'argent en milieu ammoniacal, etc.; n'existe que par très beau temps. Fait déjà signalé.

Aldéhyde glycolique. — Réduit la liqueur de Fehling; forme en présence d'acétate de phénylhydrazine des paillettes jaune brunâtre à la température ordinaire, très solubles dans l'alcool; point de fusion non déterminé avec précision en raison de la difficulté de purifier les petites quantités obtenues.

Aldéhyde lactique (CH^3 — CHOH — CHO). — Réduit la liqueur de Fehling, recolore la fuchsine sulfitée; donne à la température ordinaire une hydrazone très soluble dans l'alcool. Paillettes jaunes fondant à 145°.

La formation de l'acétylméthylcarbinol, des aldéhydes glycolique et lactique est étroitement liée à l'assimilation du gaz carbonique.

L'extrême sensibilité de la réaction de Lemoyne, qui met en évidence des traces de diacétyle dérivant par oxydation du butylèneglycol ou de l'acétylméthylcarbinol, permet de vérifier que les feuilles de maïs et de haricot sont privées d'acétylméthylcarbinol le matin, qu'elles en renferment en quantités croissantes du matin au soir les jours ensoleillés, et qu'elles en sont entièrement dépourvues les jours pluvieux et froids.

Or ce corps est un produit de digestion des sucres, fréquent dans les fermentations microbiennes, et que j'ai découvert aussi dans les plantules de maïs et de blé germées à l'obscurité. Les produits plus ou moins médiats de l'assimilation du gaz carbonique, variables avec les espèces végétales, sont donc les mêmes que les composés les plus simples du processus de fermentation, variables avec les espèces microbiennes, et comme ces derniers, ils peuvent évoluer simultanément vers la synthèse des sucres, des matières grasses, des matières azotées et des noyaux aromatiques.

Les feuilles des haricots renferment de la coumarine le matin mais non le soir; la propriété que possède le diacétyle de donner des dérivés aromatiques doit être rapprochée de ce fait.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Équilibre azoté et hydrates de carbone de la ration alimentaire.* Note de MM. **A. Desgrez** et **H. Bierry**, présentée par M. d'Arsonval.

La notion de besoins alimentaires *spécifiques*, pour l'organisme, est venue compléter la conception purement quantitative, énergétique, du besoin alimentaire.

Déjà, il est établi que les diverses protéines ne sont pas physiologiquement équivalentes et que le maintien de l'équilibre se trouve, jusqu'à un certain point, conditionné par la structure moléculaire de l'aliment. L'étude de la spécificité alimentaire, au sens chimique du mot, ne pourra évidemment faire des progrès qu'autant que l'on s'adressera à des principes nutritifs de constitution connue. La structure chimique, seule du reste, peut nous renseigner sur les liens étroits qui existent entre les éléments constitutifs d'aliments classés dans des groupes différents. C'est ainsi qu'elle nous fait voir, dans la constitution des matières grasses, un apport en une substance génératrice d'hydrates de carbone (glycérine).

De ce point de vue, il importe de rechercher entre quelles limites des espèces alimentaires peuvent se suppléer, sans dommage pour l'organisme, et sont, en définitive, *physiologiquement* équivalentes. On sait que cette équivalence n'existe pas, entre les hydrates de carbone et les corps gras, vis-à-vis des albumines. Les auteurs qui ont pris, comme base de leurs recherches, l'indispensable notion des *bilans azotés*, sont unanimes à conférer aux hydrates de carbone une supériorité marquée sur les graisses par rapport à la dépense azotée. Nous sommes d'accord avec ces auteurs et nous avons montré que, chez l'animal, pour l'albumine d'œuf, le minimum d'azote présentait une valeur plus faible quand un hydrate de carbone était présent, à un taux élevé, dans la ration [1].

Nous avons poursuivi l'étude du rôle fonctionnel des hydrates de carbone en cherchant à établir, dans une ration, par rapport aux mêmes albumines et aux mêmes matières grasses, les quantités de sucres déterminés nécessaires pour que l'équilibre azoté fût réalisé.

Des rats adultes, mâles (au repos et à une température extérieure de 18° à 20°) sont mis à une diète composée d'eau, de sels, d'albumines d'œuf, de sucres purs et de substances grasses, préparées et exemptes d'azote : graisse de porc, de bœuf, de mouton, ou beurre. Cette nourriture était privée de vitamines, comme nous avons pu nous en assurer sur des rats adultes et des rats en croissance. Les bilans azotés et phosphorés ont été suivis de la manière déjà indiquée (*loc. cit.*) pendant 25 et 30 jours.

Nous avons d'abord constaté que si l'on fait passer un rat, brusquement, d'un régime ordinaire au régime synthétique renfermant une très forte proportion d'albumines et de graisses, par rapport aux sucres, cet animal perd rapidement de l'azote, et qu'il suffit, alors, d'abaisser fortement l'apport des

(1) A. Desgrez et H. Bierry, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1209.

mêmes albumines et des mêmes graisses et d'élever de façon correspondante la proportion des sucres pour que l'équilibre azoté soit rapidement atteint. Nous avons ensuite recherché les proportions d'hydrates de carbone déterminés à introduire dans une ration, composée des mêmes espèces et de valeur énergétique donnée et suffisante, pour que l'équilibre azoté fût atteint d'emblée ou très rapidement.

Avec une ration (comprenant, par gramme de rat et par jour, $0^g,0078$ d'albumines d'œuf; $0^g,016$ de graisse : 1 partie de graisse de bœuf, 0,5 partie de graisse de mouton et 1,5 partie de graisse de porc, et $0^g,019$ de sucres; 10 parties de lactose et 90 parties de saccharose), les bilans azotés ont été les suivants :

	Azote ingéré.	Azote éliminé.	Bilans.
	g	g	
Premier jour.........	0,220	0,224	—0,004
Deuxième jour........	0,230	0,206	+0,024
Troisième jour........	0,230	0,210	+0,020

Si, dans cette ration, on abaisse de moitié la quantité de sucre, et si on la remplace par une quantité isodyname de graisse, le bilan azoté devient négatif le lendemain (— $0^g,06$). Il suffit alors de rétablir les proportions primitives pour voir le bilan redevenir positif. On peut ainsi obtenir, à volonté, des alternances de bilans négatifs et positifs.

Il est possible, les quantités de graisses et de sels de la ration demeurant fixes, et en abaissant le taux de l'albumine, à condition d'augmenter celui des sucres, d'assurer l'équilibre azoté, par exemple, avec les proportions suivantes : $0^g,0047$ d'albumines, $0^g,016$ de graisses et $0^g,022$ de sucres (saccharose, 45 parties; lactose, 5 parties; lévulose, 50 parties).

Nous avons de même réussi, avec le beurre purifié, les mêmes albumines et les mêmes sucres, à assurer l'équilibre azoté, chez un rat, avec $0^g,004$ d'albumines d'œuf, sans que nous puissions dire si le minimum a été atteint.

Ces chiffres ne doivent pas être considérés comme ayant une valeur absolue, mais comme représentant un ordre de grandeur, car il faut tenir compte des pouvoirs individuels d'utilisation propres aux animaux en expériences.

Avec une nourriture synthétique, privée de vitamines, l'équilibre azoté peut être suivi et assuré pendant 20 à 25 jours, exceptionnellement 30 jours. A l'expiration de ces délais, les accidents d'avitaminose se tra-

duisent déjà par des bilans azotés et phosphorés négatifs [1]. De plus, à cette période, on ne peut empêcher bon nombre d'animaux de manger leurs excréments.

Conclusions. — Au-dessous d'une certaine limite, les hydrates de carbone ne peuvent être suppléés par aucune autre espèce alimentaire. De nos expériences, qui reposent sur plusieurs centaines d'analyses, il résulte que, dans les conditions indiquées, l'équilibre azoté ne saurait être assuré, dès le début, et maintenu dans la suite, sans la présence, dans la ration d'entretien, d'un minimum d'hydrates de carbone.

TOXICOLOGIE. — *Sur l'intoxication par les méthanes nitro-halogénés.* Note de MM. **André Mayer**, **Plantefol** et **Fred. Vlès**, présentée par M. Henneguy.

Les méthanes nitro-halogénés, lorsqu'ils sont introduits dans l'organisme des Mammifères, provoquent une intoxication qui peut aller jusqu'à la mort de l'animal. L'un des mécanismes par lesquels ces corps ont une action mortelle est celui qui apparaît lorsqu'on en fait *inhaler* les vapeurs au sujet d'expérience. On constate tout d'abord que ces corps sont *irritants* pour les voies respiratoires et provoquent en passant dans les premières voies, puis dans les voies respiratoires profondes, les différents réflexes que nous avons décrits dans une Note précédente; à ce point de vue, la chloropicrine, la bromopicrine et le dichlorodinitrométhane [2] ont une action du même ordre de grandeur.

Lorsque le contact de ces corps avec les muqueuses pulmonaires est suffisamment prolongé ou que la dose inhalée est assez forte, il en résulte des *lésions* très profondes des cellules de la muqueuse bronchique, une congestion intense du parenchyme pulmonaire et surtout l'apparition de transsudat dans le poumon.

Il s'agit là d'un œdème massif remplissant les alvéoles et si abondant que le liquide d'œdème peut, au moment de la mort, constituer jusqu'à

---

(1) Une phase d'équilibre azoté précaire précède ces accidents. Les vitamines constituent donc, pour l'organisme, des réserves vite épuisées et ces substances ont un rôle déterminé et constant à remplir dans le métabolisme.

(2) Nous devons les échantillons dont nous nous sommes servis à MM. Moureu, Delépine et Job.

58 pour 100 du poids total du poumon; c'est cet œdème qui amène une asphyxie mortelle.

Les différents méthanes nitro-halogénés n'ont pas, pour provoquer cet œdème, une activité égale : le plus puissant est la chloropicrine; la bromopicrine et le dichlorodinitrométhane sont 8 à 10 fois moins actifs.

Si la production de l'œdème pulmonaire est le mécanisme par lequel ces corps amènent la mort lorsqu'ils sont inhalés, ils ont certainement d'autres propriétés toxiques; quand on les introduit dans l'organisme d'un Mammifère non plus par inhalation, mais par injection intrapéritonéale, on peut également, pour une dose convenable, provoquer la mort de l'animal. L'une des modalités de cette nouvelle action toxique est vraisemblablement la formation de méthémoglobine dans le sang; on constate, en effet, que si la chloropicrine n'a *in vivo* qu'une faible action méthémoglobinisante, par contre, après intoxication par le dichlorodinitrométhane (comme aussi par le tétranitrométhane), le sang, au moment de la mort, est très brun. Cet aspect est dû à la présence d'une quantité considérable de méthémoglobine acide (de bandes 633, 580, 542, 500) pouvant atteindre jusqu'à près de 80 pour 100 [1].

---

[1] Aucune trace d'hématine, recherchée à l'état d'hémochrogène, n'a été constatée.

Le Tableau ci-dessous donne le protocole des expériences; la mesure spectrophotométrique porte sur 633; $K = \dfrac{\text{colog.}\,\dfrac{I}{I_0}}{Cl}$. Aux expériences par injection nous avons ajouté, à titre comparatif, une expérience par inhalation : elle ne montre, pratiquement, aucune altération du sang (le coefficient K est voisin de 3 pour les sangs normaux, et de 30 pour la méthémoglobinisation totale).

Corps.	N^{os}.	Dose.	Mode d'intoxication.	Mort.	Méth. à l'examen qualitatif.	Mesures spectrophotométriques K_{633}.	Ordre de grandeur de la méth. pour 100 des hémoglob. totales.
$C(NO^2)^4$.......	148	»	»	»	Très forte	»	»
»	158	0,5 g:kg	Inject. per.	1 heure	Très forte	24	80
$Cl.C(NO^2)^3$....	150	0,5 g:kg	Inject. per.	2 heures	Traces nettes	»	»
»	156	0,5 g:kg	Inject. per.	tué après $2^h 30^m$	Nulle	2,9	0
»	157	0,5 g:kg	Inject. per.	20 min.	Faible	8,4	20
»	154-155	5,0 g:m³	Inhalation	30 min.	Nulle	3,3-3,4	< 2
$Cl^2.C(NO^2)^2$...	153	0,5 g:kg	Inject. per.	45 min.	Très forte	18,5	58

ZOOLOGIE. — *Le pseudo-hermaphrodisme tubaire chez les Cétacés mâles.* Note de M. R. ANTHONY, présentée par M. Edmond Perrier.

La présence d'un utricule mâle très développé paraît avoir chez les Cétacés la valeur d'un caractère constant. Il résulte de mes observations chez les Cétodontes qu'il dépasserait toujours les limites de la prostate, se continuant à l'intérieur du meso-interdéférentiel, entre les deux canaux déférents. J'ai même constaté chez un *Delphinus delphis* L. que l'utricule mâle se prolongeait à droite par un canal mullérien. D'autre part, chez un *Lagenorhynchus albirostris* Gray, Meek a récemment observé un canal mullérien bilatéral s'étendant d'un testicule à l'autre, mais sans relation avec l'utricule mâle qui se terminait en cul-de-sac à une certaine distance du bord antérieur du meso-interdéférentiel.

On a signalé, surtout chez les Reptiles et chez les Oiseaux, des cas comparables, mais toujours très exceptionnels, de pseudo-hermaphrodisme tubaire. Ce sur quoi il convient surtout d'insister, c'est sur le rapprochement qu'impose, avec un certain nombre d'autres Mammifères, cette tendance au développement exagéré de l'appareil conducteur femelle chez les Cétacés du sexe mâle.

On sait en effet que, chez quelques Mammifères, la persistance des canaux mullériens, sur une plus ou moins grande partie de leur étendue, est normale ou très fréquente. Par exemple : dans le groupe des Ongulés, le Cheval, l'Ane et les Zèbres (Périssodactyles) ont un long utricule mâle contenu dans le meso-interdéférentiel et très souvent bifide à son extrémité antérieure; chez la Loutre et le Castor, carnassier et rongeur adaptés à la vie aquatique, l'utricule mâle se divise normalement en deux branches qui accompagnent les canaux déférents.

Sur les deux individus mâles et adultes de *Mesoplodon* que j'ai étudiés, et qui sont les deux seuls dont on ait jusqu'à ce jour examiné les organes génitaux [l'un échoué à Karmö (Norvège) en août 1895, et l'autre à Saint-Vaast-la-Hougue (France) en novembre 1908], les canaux mullériens très bien développés se prolongeaient jusqu'à l'extrémité postérieure du testicule où ils se terminaient par atténuation progressive et en cul-de-sac.

Si l'on rapproche ces derniers faits qui tendent à établir que le pseudo-hermaphrodisme tubaire est, chez le *Mesoplodon* mâle, un caractère normal et constant, de l'ensemble des autres caractères archaïques que pré-

sente cet animal, par exemple dissociation incomplète du hile-rénal, position des testicules dans une cavité vaginale distincte (1), on est conduit à considérer que les particularités anatomiques exceptionnellement constatées chez un *Delphinus delphis* L. et un *Lagenorhynchus albirostris* Gray sont des vestiges d'une disposition primitive. Or, cette disposition se rencontre précisément d'une façon plus particulière : 1° chez les Ongulés, et notamment les Périssodactyles dont on a si souvent rapproché les Cétacés; 2° chez quelques Mammifères aquatiques d'affinités très différentes, mais comparables en ce qu'ils sont encore peu profondément adaptés à la vie dans les eaux.

Il convient enfin de faire observer que la fréquence du pseudo-hermaphrodisme tubaire chez les Cétacés cétodontes coïncide avec le peu de netteté de leurs caractères sexuels secondaires d'une façon générale. Sa constance, qui paraît probable chez cette forme cétacéenne, à tous égards primitive, qu'est le *Mesoplodon*, est à rapprocher, d'autre part, de l'absence constatée dans le testicule du spécimen de Karmö (le seul testicule de *Mesoplodon* observé jusqu'ici) de toute cellule pouvant être rapportée au tissu interstitiel.

CYTOLOGIE. — *Spermatogenèse de* Corethra plumicornis *et chromosomes eupyrènes*. Note de M. **Armand Dehorne**, présentée par M. Henneguy.

Dans une Note précédente (2), j'ai donné la description de la mitose somatique chez ce Diptère; le nombre des chromosomes y est de trois. Le fait que ce nombre est impair et qu'il est si petit conférait un intérêt particulier à l'étude de la méiose.

Tandis que la formation des globules polaires n'a pu être suivie de façon satisfaisante, la spermatogenèse a fourni un beau matériel d'observation. Tout au début de la prophase I, le noyau du petit spermatocyte montre des filaments onduleux, peu colorables, qui circulent dans toute l'étendue du noyau. A ce stade fait suite un synapsis véritable, donnant des aspects particulièrement ressemblants à ceux du synapsis chez *Angiostomum nigrovenosum*. Il est constitué par une masse filamenteuse illisible en suspension dans le noyau agrandi. Celle-ci se gonfle rapidement à un moment donné; alors, l'élément filamenteux tassé se développe dans toute la vacuole

(1) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1174, et t. 170, 1920, p. 529.

(2) *Caractères atypiques dans la mitose somatique chez* Corethra plumicornis (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 193).

nucléaire sous forme de longs cordons plutôt grêles, indivis, qui dessinent des boucles accolées à la face interne du noyau. La longueur et la gracilité des cordons, ainsi que la formation de ces boucles, ne permettent pas d'établir s'ils correspondent à un seul filament ou à plusieurs.

Le stade où l'on voit l'élément filamenteux réoccuper toute la cavité nucléaire correspond au stade pachytène, mais les cordons faiblement chromatiques qu'on y voit ne rappellent en rien les anses épaisses du pachynema. Or cet aspect, acquis presque d'emblée à la suite du synapsis, va persister durant presque toute la prophase I. On ne rencontre pas dans cet objet la série des stades lepto-, zygo-, pachy- et strepsinema. Notons l'absence complète de tout aspect d'appariement de filaments; notons encore la démonstration, fournie par *Corethra*, que la notion de synapsis peut être dissociée de celle d'appariement.

Dès que les spermatocytes I deviennent libres dans la poche testiculaire, l'élément chromosomique se raccourcit assez brusquement et sans montrer d'ailleurs aucun indice de clivage. Il fournit alors trois bandes indépendantes courbées en arc ou spiralées. Au moment où le fuseau commence, elles sont devenues trois bâtonnets courbes avec une faible indication de fente selon la longueur; mais la condensation va plus loin et elles apparaissent ensuite comme trois masses trapues, très chromatiques, montrant un aspect de croix, forme fréquente des chromosomes hétérotypiques.

Il existe deux mitoses de maturation. La première fonctionne de telle sorte que son anaphase dispose trois anses simples de chaque côté du plan équatorial. Dans la reconstitution du noyau des spermatocytes II, la persistance de l'autonomie des trois chromosomes paraît certaine. La mitose II se fait sur trois chromosomes simples qui se dédoublent seulement à la fin de la métaphase, et les spermatides renferment chacune trois petits chromosomes simples et d'égale taille. Le chiffre 3 représente donc le nombre haploïdique chez *Corethra*.

Si l'on s'en tient aux faits divulgués, lesquels présentent une certitude telle qu'ils ont pu être photographiés, on doit conclure que le nombre haploïdique est le même que celui des chromosomes somatiques, résultat paradoxal, étant donné les notions acquises.

Ces faits singuliers peuvent être interprétés de deux façons :

1° On croit à l'autonomie des chromosomes : dans l'œuf, les pronucléi renferment chacun trois chromosomes simples, la métaphase et l'anaphase de la première mitose de segmentation comptent six chromosomes. Mais à sa télophase, les six chromosomes se conjugueraient deux à deux, don-

nant ainsi trois anses bivalentes, qu'on retrouverait telles à la prophase suivante. A la métaphase de la deuxième mitose de segmentation, les deux chromosomes constituants de chaque anse se séparent, et, désormais, tous les noyaux ne présenteront plus que trois chromosomes. Cette mitose somatique, équationnelle, serait donc, en fait, réductionnelle, quant à son résultat. Toutes les cellules somatiques et les gonies possèdent, à la suite de cette mitose, trois chromosomes qui, par l'effet d'une division longitudinale précoce et inefficace, apparaissent doubles à la fin de l'anaphase. Au début de la prophase hétérotypique, on ne rencontre pas, comme ailleurs, de stade zygonema, pour la raison que la méiose a eu lieu il y a très longtemps, lors de la deuxième mitose de segmentation.

Cette interprétation est compliquée; elle déplace de façon inattendue l'endroit où s'effectue la réduction numérique; surtout, elle exige la séparation définitive, en deux lots, de chromosomes qui viennent à peine d'être réunis en un seul noyau par l'acte de la fécondation. D'autre part, il serait curieux qu'une mitose somatique dût effectuer cette réduction, alors qu'il existe une mitose hétérotypique authentique. En revanche, elle justifie bien l'absence constatée des stades zygo- et strepsinema.

2° Les pronucléi mâle et femelle sont formés chacun de la substance de trois chromosomes simples; six chromosomes composent ainsi le noyau de fécondation. Mais il y aurait chez *Corethra* fusion des pronucléi avec combinaison des chromatines paternelle et maternelle. La masse chromatique qui en résulte se concentre ensuite, mais non pas de façon à donner six chromosomes; elle se rassemble autour de *trois centres de constitution chromosomique* indépendants des chromosomes préexistants. Le jeu des forces qui s'appliquent en ces trois centres détermine la production de trois chromosomes prophasiques riches en chromatine. Le fait que chacun de ces trois chromosomes eupyrènes est formé de la substance de deux chromosomes à substance réduite apparaît dans la propriété qu'ils ont de se cliver spontanément, à plusieurs reprises, à des stades de la mitose où la chose n'a pas lieu généralement. L'eupyrénie les rend plus sensibles que d'autres aux diverses variations du métabolisme mitotique, ce que traduisent l'apparition plus facile de la fente longitudinale et la grandeur de cette fente.

La première mitose de segmentation de l'œuf se fait ainsi sur trois chromosomes et non sur six, et il en est de même pour toutes les mitoses consécutives. A la fin de la prophase I, nous retrouvons trois chromosomes avec la forme de dyades hétérotypiques; les deux mitoses de maturation ont lieu comme dans le cas d'une véritable réduction numérique; elles n'effec-

tuent au contraire ici qu'une réduction de masse, et ne font, en somme, que ramener les trois chromosomes eupyrènes à l'état d'oligopyrénie. Cela prouve l'indépendance du nombre des mitoses maturatives d'avec la notion de méiose numérique.

PHYSIOLOGIE. — *Participation des noyaux cellulaires aux phénomènes de sécrétion. Propriétés anticoagulantes de l'acide nucléinique de l'intestin.* Note de M. **Doyon**, présentée par M. Charles Richet.

I. L'ensemble de mes travaux démontre qu'une substance anticoagulante sécrétée par l'organisme sous certaines influences (peptone, atropine, morphine, etc.) a son origine dans les noyaux cellulaires. J'ai donné à cette conclusion une nouvelle base en montrant qu'on peut extraire de tout organe une substance phosphorée qui s'identifie à la substance active sécrétée sous l'influence de la peptone, de l'atropine ou de la morphine et en prouvant que les acides nucléiniques possèdent le pouvoir anticoagulant.

II. Tous les acides nucléiniques ne se prêtent pas avec la même facilité à cette démonstration. Je conseille particulièrement l'emploi de l'acide nucléinique de l'intestin qu'il est très facile de préparer en partant de l'intestin du chien ou du cheval et en suivant la méthode de Neumann. L'expérience suivante prouve que l'action anticoagulante peut être observée à l'exclusion de toute hémolyse.

On prépare dans des tubes à essais les échantillons suivants :

a. $0^g,1$ d'acide nucléinique dissous dans 5^{cm^3} d'une solution à 5 pour 1000 de carbonate de soude;

b. $0^g,1$ d'acide nucléinique dissous dans 5^{cm^3} d'une solution contenant pour 1000 d'eau distillée, 4^g de chlorure de sodium, 5^g de carbonate de soude;

c. 5^{cm^3} d'une solution à 10 pour 1000 de carbonate de soude (échantillon témoin, sans acide nucléinique).

Après dissolution de l'acide nucléinique, les échantillons *a* et *b* sont faiblement mais nettement acides au tournesol.

Chaque échantillon est additionné de 28^g de sang provenant directement de la carotide d'un chien, puis centrifugé immédiatement. Les échantillons *a* et *b* ne coagulent pas. Le plasma de l'échantillon *a* est nettement coloré en rouge par suite d'une hémolyse, assez faible d'ailleurs. Le plasma de l'échantillon *b* n'est pas coloré en rouge; il n'y a pas hémolyse. L'échantillon *c* est pris en masse; la fibrine forme un bloc blanc au-dessus des glo-

bules; un peu de sérum est exsudé et présente une teinte rouge (hémolyse).

Avec le plasma des échantillons *a* et *b* on prépare une série de tubes contenant chacun 2^{cm^3} de plasma additionnés soit de sérum seul (5 gouttes), soit uniquement d'une solution de chlorure de calcium à 10 pour 100 (5 gouttes), soit d'un mélange de sérum et de la solution de chlorure de calcium (5 gouttes de chaque). Douze heures plus tard aucun tube ne présente de caillot. L'addition de nouvelles doses de 5 gouttes dans les mêmes conditions que précédemment provoque la prise en masse en 2 à 3 heures des échantillons contenant à la fois du sérum et de la solution de chlorure de calcium (10 gouttes de chaque, au total).

III. L'acide nucléinique préparé par le procédé de Jones donne les mêmes résultats.

J'ai aussi utilisé le sel de soude de l'acide nucléinique de l'intestin. Même en solution neutre ce sel provoque une légère hémolyse. L'apparition d'une hémolyse très intense indique une cause d'erreur, la présence d'un peu de soude entraînée dans la préparation du nucléinate.

EMBRYOGÉNIE. — *Reproduction sexuée et reproduction asexuée.*

Note de M. A. **Malaquin**, présentée par M. Henneguy.

La *Salmacina Dysteri* (Huxley) offre une diversité dans les phases sexuelles et asexuelles que j'ai déjà fait connaître [1]; je me propose de préciser, dans cette Note, les rapports entre les deux modes asexué et sexué de la reproduction chez ce Serpulide.

I. Tous les individus de l'espèce considérée, qu'ils présentent la sexualité hermaphrodite, ou qu'ils se multiplient par voie asexuée, possèdent des glandes sexuelles dans tous les métamères de la région abdominale, à l'exclusion du thorax stérile. Chez l'individu sexué hermaphrodite, cas le plus fréquent de la sexualité chez la *S. Dysteri*, les deux ou trois premiers métamères ont des glandes mâles, les huit ou dix suivants ont des glandes femelles, qui produisent chacune deux ou trois gros œufs murs flottant dans le cœlome. Les gonades des métamères de la région abdominale postérieure ne présentent en général qu'un accroissement réduit. Chez les individus en voie de reproduction asexuée, les glandes sexuelles existent également dans toute la région abdominale, laquelle est soumise à la scissi-

---

(1) *Zoologischer Anzeiger*, 1911.

parité. Ces gonades y sont à l'état d'ébauches et représentées par des cellules goniales, ou bien elles sont aux premiers stades de leur croissance et renferment alors des spermatocytes ou des ovocytes. Outre le matériel sexuel, il existe dans la région abdominale un matériel histogénique dont la prolifération assure la construction des organes nouveaux du schizozoïte ([1]).

II. Le développement des produits génitaux a lieu, chez la *S. Dysteri*, pendant les mois du printemps et de l'été, et la période principale de maturité sexuelle est atteinte à la fin de cette dernière saison. C'est en effet en août et septembre que la ponte des œufs, leur développement et les éclosions larvaires présentent leur plus grande intensité, sur les côtes du Boulonnais. En octobre, il y a un ralentissement très marqué de ces phénomènes.

Pendant les mêmes périodes, d'autres individus, vivant dans les mêmes touffes de petits tubes calcaires secrétés par ces Serpulides, se multiplient par voie asexuée. Dans certaines ils sont en majorité (dans une petite touffe dénombrée le 1er octobre 1920 il y avait sur 772 individus : 93 sexués hermaphrodites, 245 en scissiparité ou s'y préparant, 434 divers); dans d'autres le nombre des sexués l'emporte manifestement par rapport aux asexués. Dans l'immense majorité des cas observés les deux modes de reproduction évoluent parallèlement, aux mêmes époques, chez les individus d'une même touffe soumis aux mêmes conditions générales : composition du milieu marin, alimentation, température. C'est le point qu'il convient de souligner.

III. Parmi les Salmacines en multiplication asexuée, un certain nombre d'individus présentent pendant la période annuelle d'activité génitale de l'espèce un accroissement et une activité de leurs glandes sexuelles. La région céphalique de l'individu engendré ou schizozoïte apparaissant entre le septième et le dixième segment abdominal, il existe en avant d'elle huit métamères en moyenne, appartenant à l'individu générateur et qui correspondent précisément à la région hermaphrodite des individus sexués. Tandis que, pendant la reproduction asexuée, les glandes sexuelles de cette partie du corps restent souvent inactives, par contre, chez une notable proportion d'individus, ces gonades s'accroissent, et cela pendant la période même où ces organes, chez les formes sexuées, sont en activité fonctionnelle.

Les gonades femelles prolifèrent, leurs ovocytes s'accroissent, tombent

---

([1]) Voir à ce sujet mes Notes antérieures (*Comptes rendus*, 1895, 1903 et 1905).

dans le cœlome et y flottent; leur dimension peut atteindre en diamètre $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{2}$ des gros ovocytes mûrs chez les sexués; cet accroissement est vraisemblablement limité par le défaut de matériel nutritif, lequel est utilisé pour la formation du schizozoïte issu de la scissiparité.

Les gonades mâles, par contre, offrent le cycle complet de la maturité de leurs produits. On rencontre, dans les deux premiers métamères abdominaux, de petits groupes de spermatocytes, de spermatides et de spermatozoïdes libres dans le cœlome. Souvent ces éléments sexuels, très petits par eux-mêmes et peu nombreux, échapperaient à l'observation, si l'on ne les décelait par l'examen histologique des coupes. Mais dans quelques cas les produits de la glande mâle, très active, sont beaucoup plus nombreux et arrivent à remplir le cœlome des deux premiers métamères; ceux-ci offrent en même temps des entonnoirs ciliés cœlomiques pour l'évacuation des spermatozoïdes, de même que chez les formes sexuées à maturité.

Il en résulte que, chez les individus en scissiparité, la sexualité femelle se manifeste sans y atteindre son complet développement; par contre la sexualité mâle, réduite quantitativement, y est atteinte au point de vue qualitatif et quelquefois aussi au point de vue quantitatif.

D'une part, la reproduction sexuée et la reproduction asexuée des Salmacines se manifestent et évoluent parallèlement aux mêmes époques chez des individus différents mais habitant dans une même touffe de tubes; d'autre part, dans les mêmes conditions, un même individu possédant des glandes génitales peut se reproduire par voie asexuée et acquérir en même temps, par l'entrée en activité de ses gonades, une maturité sexuelle ou réduite ou complète. Or, comme les conditions générales extérieures sont sensiblement identiques pour les individus d'une même touffe, il résulte de ces faits que le déterminisme des deux modes de reproduction n'est pas lié aussi étroitement qu'on le suppose, soit à la composition du milieu (milieu défavorable provoquant l'apparition de la sexualité), soit à l'influence de l'alimentation (pléthore pour la reproduction asexuée, inanition pour l'apparition de la sexualité), soit enfin à la température (¹) (le froid amenant la fin de la multiplication asexuée et provoquant l'apparition de la sexualité). Les conditions générales : milieu, alimentation, température, influencent à la fois les reproductions asexuées et sexuées, mais on doit rechercher ailleurs les causes déterminantes de l'un ou l'autre mode de la

---

(¹) Les observations de L. Deborne montrent que le facteur température n'a pas une action déterminante sur l'apparition des phénomènes sexuels et asexuels des Oligochètes naïdimorphes.

reproduction, et ces causes résident vraisemblablement, chez les Annélides en question, dans des corrélations fonctionnelles de l'organisme.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *A propos de l'épuration des eaux d'égout, par le procédé des « boues activées »*. Note de M. **Lucien Cavel**, présentée par M. A. Haller.

On sait qu'en aérant des boues d'eaux d'égout par barbotage d'air, on obtient, après un certain temps, des boues qui acquièrent la faculté d'épurer les eaux d'égout, avec lesquelles elles sont en contact. Ce sont des « boues activées ». En maintenant l'aération suffisante, l'épuration se fait en quelques heures, pourvu que la proportion du mélange soit convenable.

Dès que l'activité apparaît, on observe une chute brusque de l'ammoniaque, qu'on retrouve sous forme d'azote nitreux et nitrique. Cette transformation de l'ammoniaque est-elle un phénomène microbien?

Pour m'en rendre compte, j'ai réalisé les expériences suivantes :

Deux ballons A et B, renfermant une même eau d'égout, sont stérilisés à l'autoclave par le procédé classique, c'est-à-dire 20 minutes à 120° C. On laisse refroidir lentement, et le lendemain on ensemence le ballon A avec 40^{cm^3} de boue activée par litre. Puis dans l'un et l'autre, après les avoir munis des tubulures nécessaires, on insuffle de l'air. On examine ensuite, les variations en ammoniaque dans la composition des liquides aux temps t; $t+2$ heures; $t+4$ heures; $t+6$ heures; $t+24$ heures; et l'on obtient les résultats suivants :

	AzH³ en milligrammes par litre.				
	t.	$t+2$ h.	$t+4$ h.	$t+6$ h.	$t+24$ h.
Ballon A, ensemencé........	19,7	19,7	19,7	18,4	0
Ballon B, non ensemencé....	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4

Il y a une légère différence, entre les chiffres de l'ammoniaque du ballon A et du ballon B, au début de l'expérience. Elle provient de la dilution due à l'ensemencement. Mais le fait frappant, est la disparition totale de l'ammoniaque au bout de 24 heures (¹) dans le ballon ensemencé, et la constance de celle-ci dans le ballon non ensemencé. On constate aussi dans le premier appareil, l'apparition de nitrates et de nitrites, et leur absence dans le second, même en prolongeant cet essai plusieurs jours.

En répétant ces expériences, sur des eaux d'égout stérilisées par filtra-

(¹) On aurait pu l'obtenir en un temps plus court, par un ensemencement copieux.

tion à la bougie Chamberland, on arrive à des résultats identiques. Par conséquent, où il y a ensemencement, il y a épuration.

D'autres expériences sont à signaler. Ainsi, en faisant un mélange, à parties égales, d'eau d'égout contenant 16^{mg} d'AzH^3 par litre, avec une eau décantée ayant subi l'action des boues activées (ce qui revient à un ensemencement), et dans laquelle l'ammoniaque est tombée à zéro, on remarque, après 24 heures d'aération, l'absence d'ammoniaque, alors qu'il y en avait 8^{mg} par litre dans le mélange initial. L'eau épurée par les boues activées possède donc, elle aussi, des facultés épurantes à cause des ferments nitriques qu'elle retient en suspension. Et il est intéressant de remarquer en passant que son évacuation, à la rivière, ne peut que favoriser l'auto-épuration subséquente.

D'autre part, en cherchant à écourter ce que Diénert a justement appelé *la période d'activation*, c'est-à-dire le temps nécessaire pour obtenir des boues activées, et qui est assez long (¹), j'ai eu l'idée de prélever sur un lit percolateur arrêté depuis sept mois, du mâchefer où j'espérais trouver encore des ferments nitriques, pour ensemencer des boues soumises à l'activation. Le résultat ne s'est pas fait attendre car, en moins de 15 jours, j'ai obtenu cette activation, gagnant ainsi 45 jours sur la méthode usuelle.

Je n'en suis pas resté là. Je retrouve en effet dans mes Notes de laboratoire du mois de juin dernier, que le 12 au matin on prépare un ballon renfermant quelques morceaux de mâchefer stérilisés qu'on arrose de 50^{cm^3} de boues activées. On laisse ainsi jusqu'au 14 après-midi. A ce moment, on y met de la boue fraîche prélevée le matin à l'usine d'Ivry, et l'on insuffle de l'air. Le 17 on constate la disparition totale de l'ammoniaque, alors qu'à l'origine on avait $14^{mg},4$ par litre. Les boues s'étaient activées en trois jours.

Tous ces faits semblent bien démontrer qu'on se trouve en présence de phénomènes microbiens quant à la disparition de l'ammoniaque dans l'épuration des eaux d'égout, par la méthode des boues activées. Les expériences qui précèdent ont été faites en milieu alcalin qui est la réaction normale des eaux d'égout. Si l'on change la réaction en acidulant légèrement, l'allure n'est plus la même, on n'obtient pas de changement dans l'ammoniaque; la teneur reste constante, ce qui est conforme à ce que nous savons, d'après Christensen, sur la sensibilité des nitrobacters à l'égard de l'acidité du milieu.

La séance est levée à 16 heures et demie.

É. P.

(¹) Soixante jours avec les boues d'égout du département de la Seine prélevées à l'usine élévatoire d'Ivry.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de novembre 1920.

La chimie et la guerre, science et avenir, par Charles Moureu. Paris, Masson, 1920; 1 vol. 20cm.

Principes usuels de nomographie avec application à divers problèmes concernant l'artillerie et l'aviation, par M. d'Ocagne. Paris, Gauthier-Villars, 1920; 1 vol. 25cm.

Précis de physique, par Marcel Boll. Paris, Dunod, 1920; 1 vol. 21cm,5. (Présenté par M. A. Haller.)

Cours de Chimie, par Marcel Boll. Paris, Dunod, 1920; 1 vol. 21cm,5. (Présenté par M. A. Haller.)

Herbier du Muséum de Paris : phanérogamie. *Notulæ systematicæ*, publiées par Henri Lecomte. Paris, Léon Lhomme, 1909-1918; 3 vol. 25cm.

Exploration botanique de l'Afrique occidentale française, par Aug. Chevalier. Tome I : *Énumération des plantes récoltées avec une carte botanique, agricole et forestière*. Paris, Paul Lechevallier, 1920; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. H. Lecomte.)

La vie et l'œuvre d'un grand chirurgien : le professeur J. Albarran (1860-1912), par F. Cathelin. Extrait des *Travaux annuels de l'hôpital d'urologie et de chirurgie urinaire*. Paris, J.-B. Baillière, 1920; 1 fasc. 1920.

Mœurs intimes du passé (sixième série), par le Dr Cabanès. Paris, Albin Michel, 1920; 1 vol. 18cm,5.

Mindeskrift i anledning af hundredaaret for Japetus Steenstrups födsel udgivet as en kreds af naturforsker ved Hector F. E. Jungersen og Eug. Warming. Copenhague, Bianco Lunos, 1914; 2 vol. 27cm.

Das problem der gravitation, von Joan Viciu. Cluj, 1920; 1 fasc. 23cm.

Utilisation des marées, par l'amiral Amet. Extrait de la *Revue générale de l'électricité*, 1920; 1 fasc. 27cm.

FIN DU TOME CENT-SOIXANTE-ET-ONZIÈME.